

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra výrobních strojů a konstruování

Metodika auditu údržby laserových řezacích strojů
The Methods of Maintenance Audit for Laser Cutting
Machines

Student: Josef Klimosz
Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. František Helebrant, CSc

Ostrava 2010

Zadání bakalářské práce

Student:	Josef Klimosz
Studijní program:	B2341 Strojírenství
Studijní obor:	2301R023 Technická diagnostika, opravy a udržování
Specializace:	70 Technická diagnostika, opravy a udržování
Téma:	Metodika auditu údržby laserových řezacích strojů. The Methods of Maintenance Audit for Laser Cutting Machines.

Zásady pro vypracování:

Pro uvedené stroje firmy Kovovýroba Hoffmann, s.r.o. vyhodnoťte stávající systém údržby těchto strojů a navrhněte možné změny. V rámci zadání proveďte.

1. Analýzu stávajícího systému údržby formou auditu údržby.
2. Řešení dané problematiky.
3. Ideový a technický návrh řešení.
4. Konkrétní návrh řešení včetně návrhu postupu implementace.

Bližší specifikace zadání bude provedena uvedenou firmou.

Seznam doporučené odborné literatury:

HELEBRANT, F.: *Technická diagnostika a spolehlivost – IV. Provoz a údržba strojů*. VŠB – TU Ostrava, Ostrava 2008, 1. vydání, 130 s., ISBN 978-80-248-1690-6

NĚMEČEK, P. A KOL.: *Vedoucí podniku (podnik v kostce)*, Verlag Dashofer nakladatelství s.r.o., Praha 1996, sv.1 a 2, ISBN 80 – 901859 – 5 – 9

SINAY, J. A KOL.: *Rizika technických zariadení – manažerstvo rizika*, TU Košice 1997, 212 s., ISBN 80 – 967783 – 0 -7

Podkladové materiály firmy Kovovýroba Hoffmann, s.r.o.

Sborníky konferencí *Národné fórum údržby a Údržba*.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. František Helebrant, CSc.**

Datum zadání: 10.11.2009

Datum odevzdání: 21.05.2010



doc. Dr. Ing. Ladislav Kovář
vedoucí katedry



prof. Ing. Radim Farana, CSc.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

10.5.2010

V Ostravě.....



.....

podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35-užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60-školní dílo.
- беру на ве́домі, že Vysoká škola báňská. Technická univerzita Ostrava, (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci, obsažené v Záznamu o závěrečné práci, umístěném v příloze mé kvalifikační práce budou zveřejněny v informačním systému VŠB- TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, s případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo-bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takové případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do její skutečné výše).
- беру на ве́домі, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

20.5.2010
V Ostravě:


.....

Podpis

Josef Klimosz

Ostrožská Nová Ves, Dědina 185, 687 22

ANNOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

KLIMOSZ, J. Metodika auditu údržby laserových řezacích strojů: bakalářská práce, Ostrava: VŠB-Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra výrobních strojů a konstruování, 2010, 72 s. Vedoucí práce: Helebrant, F.

Bakalářská práce se zabývá provozem a údržbou laserových řezacích strojů ve firmě Kovovýroba Hoffmann. Úkolem je vyhodnotit stávající systém údržby laserových řezacích strojů a navrhnout možné změny pro řešení dané problematiky a zefektivnění výroby. Důkladně se seznámit s technologií řezání laserem a s vybraným laserovým řezacím strojem TRUMPF TLC 1005, sestavit popis jeho hlavních částí a údržbový plán se zaměřením na jeho problematické části. Sestavit seznam nejčastějších poruch a navrhnout jejich možné řešení.

ANNOTATION OF BACHELOR THESIS

KLIMOSZ J. Audit methodology maintenance of laser cutting machines: a bachelor thesis, Ostrava: VSB-Technical University of Ostrava, Faculty of Engineering, Department of Production Machines and Design, 2010, 72 p. Thesis: Helebrant, F.

Bachelor thesis deals with the operation and maintenance of laser cutting machines in the company Metal Hoffmann. The task is to assess the current maintenance system of laser cutting machines and to propose possible changes to address this issue and to streamline production. Thoroughly familiar with the technology of laser cutting and laser cutting machine selected TRUMPF TLC 1005, to compile a description of its main parts and maintenance plan, focusing on the problematic parts. Compile a list of the most common disorders and suggest possible solutions.

KLÍČOVÁ SLOVA:

- údržbový plán
- systém údržby
- popis
- řešení

KEYWORDS:

- Maintenance Plan
- System Maintenance
- Description
- solutions

Obsah

1	Úvod o společnosti Kovovýroba Hoffmann, s.r.o.	- 9 -
1.1	Technologie a výroba společnosti	- 9 -
1.2	Pracoviště společnosti	- 10 -
2	Technologie řezání laserem	- 13 -
2.1	Princip řezání laserem	- 13 -
2.2	Přehled metod laserovým řezáním	- 14 -
2.2.1	Laserové sublimační řezání	- 15 -
2.2.2	Laserové tavné řezání	- 15 -
2.2.3	Laserové řezání plamenem	- 16 -
2.3	Výhody a možnosti použití řezání laserem	- 17 -
2.4	Ovlivňující faktory při řezání laserem	- 18 -
2.4.1	Parametry laseru	- 19 -
2.4.2	Procesní parametry	- 24 -
2.4.3	Parametry obrobku	- 25 -
2.4.4	Parametry stroje	- 26 -
2.5	Vyhodnocení kvality laserových řezů	- 29 -
3	Popis laserového řezacího stroje TLC 1005	- 30 -
3.1	Koncept stroje	- 30 -
3.2	Technické údaje stroje	- 31 -
3.3	Technické údaje laseru	- 33 -
3.4	Celkové technické zařízení	- 33 -
3.5	Souřadnicový systém	- 34 -

3.6	Konstrukční část laserového zařízení	- 36 -
3.7	Konstrukční části základního stroje	- 38 -
3.8	Vedení paprsku	- 42 -
4	Údržba laserového řezacího stroje TLC 1005	- 48 -
4.1	Obecné směrnice	- 48 -
4.2	Plán mazání	- 49 -
4.2.1	Tabulka mazacích prostředků	- 50 -
4.3	Údržba základního stroje	- 53 -
4.4	Údržba kompaktního odprašovače	- 54 -
4.5	Údržba pneumatických částí zařízení a filtrů	- 57 -
4.6	Údržba optických částí zařízení	- 61 -
4.6.1	Obecné směrnice a pomůcky	- 61 -
4.6.2	Údržba optických částí zařízení	- 62 -
4.7	Údržba a preventivní prohlídky stroje	- 66 -
4.8	Opakující se poruchy (vyskytující závady)	- 68 -
5	Protokol měření hladin hluku TLC 1005	- 70 -
5.1	Výkaz měření	- 70 -
5.2	Výsledek měření	- 71 -
5.3	Poloha bodů měření	- 72 -
6	Závěr	- 73 -
6.1	Poděkování	- 74 -
7	Seznam použité literatury	- 75 -
7.1	Seznam příloh	- 75 -

1 Úvod o společnosti Kovovýroba Hoffmann, s.r.o.

Tato kapitola byla zpracována dle literatury [1].

Společnost Kovovýroba HOFFMANN, s.r.o. úspěšně působí v automobilovém a leteckém průmyslu v podstatě od obnovení tržního hospodářství v České republice v roce 1989.

Specializuje se na segment prototypové a malosériové výroby lisovacích a tvářecích nástrojů a karosářských dílů pro automobilky, ve kterém je cílem snaha o maximální přesnost a nejvyšší úroveň kvality při dodržení rozumné ceny. Obchodními partnery jsou špičky ve svém oboru – renomovaní globální výrobci automobilů.

Precizní dodržování know-how sdílené týmem kvalifikovaných zaměstnanců tvořících sladěný tým kombinuje s širokým spektrem moderního technického vybavení, což umožňuje efektivitu, širokou flexibilitu, inovační řešení, optimalizaci nákladů a vysokou kvalitu, resp. přesnost odvedené práce na komplexních projektech.



Obr. 1. Kovovýroba Hoffmann [1]

1.1 Technologie a výroba společnosti

Použitím nejmodernějších softwarů určených nejen k samotné konstrukci a obrábění, ale i k simulaci hlubokého tahu, která umožňuje minimalizovat časové ztráty, resp. náklady ve výrobě. Software:

CATIA V.5 R17: 25 stanic

AUTOFORM: 1 stanice

WORKNC 18.21: 2 stanice

1.2 Pracoviště společnosti

Obrábění a nástrojárna

Lisovací nástroje jsou s vysokou přesností obráběna v moderních 3 a 5-ti osých CNC centrech nebo nekonvenčními metodami obrábění, což nám umožňuje vyrobit i nástroje komplikovaných tvarů.

Stroje:

Trimill VF4525 portálové fréz. centrum /5 os/

Trimill HF 1612-E horizontální fréz. centrum /7 os/

Trimill Depospeed portálová frézka /3 osy/

FS 100 CNC jedno-vřetenová frézka /3 osy/

atd.



Obr. 2. Nástrojárna [1]

Lisovna

K lisování dílů, resp. ke kontrole a optimalizaci vlastností vyrobených nástrojů používají lis klikový a kapalinový a hydraulické lisy různých typů s maximální tvářecí silou 25 000 kN, která je optimální k maximální paralelitě a přesnosti přidržování i u tváření materiálů vysoké pevnosti.

Stroje:

CBA 160/63-8 hydraulický lis

CTM 400 hydraulický lis

CTV 16000 kapalinový lis

HPM 1000 hydraulický lis

PKZZ 1000 klikový lis

ZF-25000-20/27 MB - hydraulický lis



Obr. 3. Lisovna [1]

Řezání laserem

Na řezání dílů se používají nejmodernější 3 a 5-ti osé lasery, jejichž technologie umožňuje maximální přesnost, nedoformovaný povrch hrany dílce a širokou flexibilitu použití pro různou velikost, tvar i materiál dílce.

Stroje: 2x LASERCELL 1005 /5 os/

LASCONTUR QUINTA 4.1 /5 os/

TRUMATIC L5005 /5 os/

TruLaser 3040 /3 osy/



Obr. 4. Laserový řezací stroj TLC 1005 [1]

Výroba polystyrénových modelů

Součástí firmy je i vlastní výroba polystyrénových modelů, čímž se minimalizuje náklady a předcházíme možným časovým ztrátám při kooperacích s externími dodavateli.

Stroje:

SAHOS Mach FC 3800 CNC - frézka pro výrobu polystyrénových modelů

Montáž podsestav a sestav

Sektor montáže podsestav a sestav je vybaven nejen tradičním nářadím a svařovací technikou, ale i moderními sestavovacími prvky k mechanickému spojování plechů bez použití spojovacích materiálů.



Obr. 5. Montážní hala [1]

Kontrola a měření

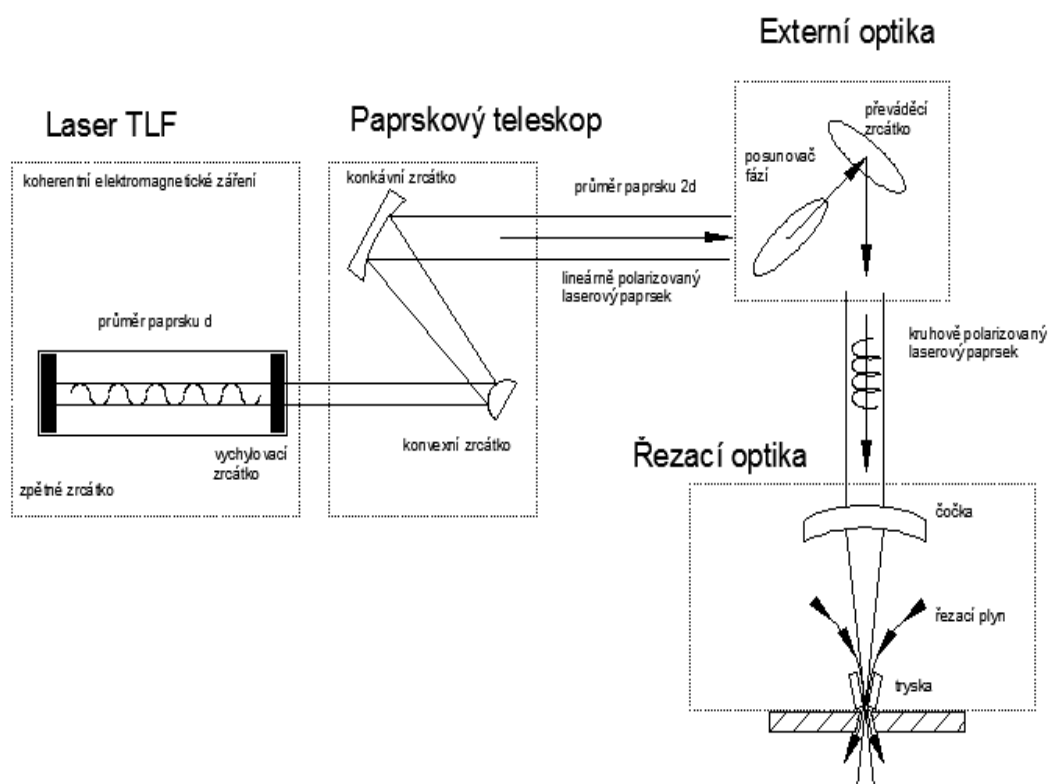
Vysoká kvalita a přesnost produktů se považuje za automatický závazek vůči klientům. Výstupní kontrolu proto pečlivě s vysokou precizností provádí odborní technici na nejpreciznějších počítačem řízených 3D měřících zařízeních firmy ZettMess.



Obr. 6. Stroj ZET MESS AMS [1]

2 Technologie řezání laserem

Tato kapitola byla zpracována dle literatury [2].



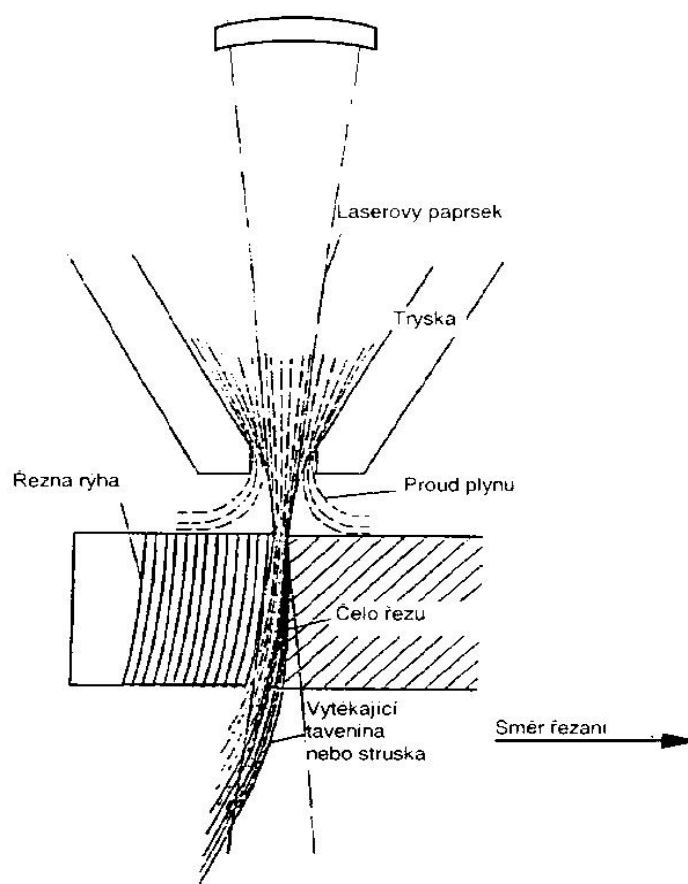
Obr. 7. Princip řezání laserem [2]

2.1 Princip řezání laserem

Řezání laserem je metoda tepelného oddělování, při níž slouží jako nástroj laserový paprsek. Laser TLF (část laserového agregátu) vytváří téměř paralelní světelný paprsek s velmi malým rozptylovým úhlem, jehož rozdělení energetické hustoty odpovídá při režimu TEM Gaussově křivce zvonového tvaru. Následující paprskový teleskop laserový paprsek rozšiřuje. Laserový paprsek má po opuštění teleskopu zhruba dvojitý průměr.

Poté, co laserový paprsek opustí paprskový teleskop přes externí optiku (posunovač fáze a převáděcí zrcátka), je směřován na fokusační zařízení stroje. Fokusační zařízení se skládá z čočky, která zaměřuje paprsek na ohnisko (fokus). V ohnisku je dosaženo energetické hustoty více než 10^7 W/cm^2 . V závislosti na ohniskové vzdálenosti čočky je ohnisko od čočky vzdáleno různě.

Podle požadavků příslušného materiálu se situuje fokus nad, na nebo pod povrch obrobku. Vysoká hustota energie vede k rychlému zahřátí, roztavení a částečnému nebo úplnému vypaření materiálu. Proud plynu vycházející koaxiálně s laserovým paprskem odstraňuje materiál řezné spáry. Řezná spára, a tím oddělovací hrana, postupuje podle koncepce stroje v obrobku buď posuvem fokusačního zařízení, posuvem obrobku, nebo kombinací obou.



Obr. 8. Proces řezání [2]

2.2 Přehled metod laserovým řezáním

Tepelné oddělování laserovým paprskem může být rozděleno do tří metod.

- Sublimační řezání
- Tavné řezání
- Vypalovací řezání

2.2.1 Laserové sublimační řezání

Při sublimačním řezání se materiál v místě řezné spáry odpařuje působením laserového paprsku. Jako řezací plyny se používají interní nebo málo reakční plyny jako např. dusík (N_2), helium (He) nebo argon (Ar).

Tato metoda řezání se používá jak pro kovy, tak pro materiály, které se málo nebo nijak významně netaví. Takovéto materiály jsou např. dřevo, papír, keramika, plasty. U nekovových materiálů musí být obrobek chráněn proudem ochranného plynu před exotermní reakcí (shořením). U kovu je zapotřebí vybírat intenzity laseru tak vysoké, aby nemohlo docházet skoro k žádným ztrátám vedení tepla. Oblast tavné fáze v části vzájemného působení laserového paprsku a obrobku se přitom zredukuje na minimum.

Rysy laserového sublimačního řezání

V důsledku toho, že nedochází k téměř žádnému vzniku taveniny, vznikají rovné hrany řezu, které nevykazují charakteristickou strukturu tavného řezání nebo řezání plamenem. Zóna tepelného vlivu na okraji řezné hrany a celé tepelné zatížení obrobku jsou minimální. Nedochází k žádné oxidaci řezné hrany. Obrobek tak lze dále opracovávat bez dodatečných úprav, např. lakovat nebo svářet. Pro sublimační řezání jsou zapotřebí vysoké intenzity laseru. Z důvodu vysoké odpařovací energie kovů jsou možné jen relativně nízké rychlosti řezání. Tloušťka materiálu je přitom u kovových materiálů do 1 mm.

2.2.2 Laserové tavné řezání

Při tavném řezání je materiál v místě řezné spáry převáděn do roztaveného stavu a tato tavenina je za pomoci proudu plynu vyháněna ven. K tomuto účelu se používají interní plyny jako dusík N_2 nebo argon Ar. Typickými materiály jsou například vysoce legované oceli a neželezné kovy.

Rysy laserového tavného řezání

Na rozdíl od sublimačního řezání jsou možné vyšší řezné rychlosti, protože materiál řezné spáry nemusí být zplyňován. Ve srovnání s řezáním plamenem se dosahuje nižších rychlostí. Podle použitého druhu plynu lze např. při řezání kovu zabránit oxidaci řezných hran.

Vysokotlaké řezání

Vysokotlaké řezání je tavné řezání, při němž je jako řezný plyn přiváděn dusík pod tlakem > 6 bar. Vysoký tlak plynů způsobuje, že tavenina je vyháněna z řezné spáry velkou rychlostí. Tím se maximálně zamezí tvorbě ostrých hran a usazování strusky na hraně řezu. Jelikož se jako řezací plyn používá dusík, řezná hrana se neoxiduje. Vysokotlaké řezání se hodí kromě jiného k opracování nerezových ocelí a hliníkových slitin.

Charakteristika vysokotlakého řezání

- Neoxidovaná řezná hrana.
- Řezná hrana u nerezové oceli bez ostrých hran.
- Vysoká spotřeba plynu.
- U hliníkových slitin o tloušťce materiálu > 3 mm malá tvorba ostrých hran.
- Není nutné žádné dodatečné opracování obrobku.
- Nižší rychlost řezání než u řezání plamenem.
- Zapichování s inertním plynem je možné jen omezeně (závisí na materiálu). Jako zapichovací plyn se používá přednostně kyslík.
- Plocha ohniska závisí na tloušťce plechu.

2.2.3 Laserové řezání plamenem

Analogicky jako při tavném řezání se obrobek při řezání plamenem v místě řezné spáry zahřívá a pomocí proudu plynu se převádí do plynného stavu. Jako plyn se používá kyslík. V důsledku exotermické reakce kyslíku s roztaveným a částečně zplyněným materiálem dochází k čtyřikrát vyššímu přívodu energie v oblasti zóny vzájemného působení laserového paprsku a obrobku. Laserové řezání plamenem se používá výhradně k dělení kovu.

Rysy laserového řezání plamenem

Při laserovém řezání plamenem je možné dělení větších tloušťek plechu než při tavném nebo sublimačním řezání. Rychlosti řezání jsou dvojnásobné až trojnásobné vyšší než u tavného řezání. Řezání plamenem tak umožňuje nejvyšší možnou rychlost řezání sledovaných procesů řezání laserem. V důsledku použití kyslíku jako řezacího plynu je na řezných hranách oxidační vrstva.

2.3 Výhody a možnosti použití řezání laserem

V konkurenci k alternativní metodě oddělování, jako je plazmové řezání, ražení a vibrační vysekávání nebo drátová eroze, má laserové řezání následující výhody:

- Je možné bezdotykové opracování obrobku bez použití síly.
- Rychlost opracování je vysoká, důsledkem čehož je například ve srovnání s drátovou erozí značné urychlení výrobního procesu.
- V důsledku vysoké hustoty energie může být zóna tepelného vlivu udržována velmi malá.
- Malá zóna tepelného vlivu zaručuje nanejvýš nepatrnou deformaci obrobku.
- Drsnost řezných hran je malá. V důsledku toho odpadá potřeba dodatečného opracování.
- U nejběžnějších ocelí lze provádět řezání bez výčnělků, dodatečné odhrotování odpadá.
- Šířka řezné spáry je velmi malá a lze ji udržovat zcela konstantní. Lze dodržet dodržování tolerancí do 0,05 mm i v sériové výrobě.

V průmyslové praxi se pomocí laserového paprsku provádí oddělování převážně kovových materiálů, jako jsou:

- stavební oceli
- nástrojové oceli
- nerezavějící oceli
- hliníku a slitin hliníku

Oddělovat lze ale také křemíkové oceli, pružinovou ocel, titan a slitiny titanu.

I u nekovových materiálu, jako jsou: lepenka, dřevo, kůže, sklo, keramika, plasty.

Musíme si však uvědomit, že při laserovém řezání plastů může docházet k uvolňování jedovatých látek. Řezání plastů není pomocí laserových řezacích strojů TRUMPF dovoleno.

2.4 Ovlivňující faktory při řezání laserem

Pro dosažení dobrých výsledků řezání má význam celá řada ovlivňujících faktorů a jejich optimalizace. Čtyři parametry jsou zvlášť důležité:

Parametry laseru:

- výkon laseru
- spínací frekvence
- rozdělení hustoty výkonu (režim)
- konstantnost výkonu
- průměr paprsku
- divergence
- polarizace

Procesní parametry:

- rychlost řezání
- druh plynu
- tlak plynu
- poloha ohniska

Parametry obrobku:

- obrobek (tloušťka materiálu)
- materiál
- povrch obrobku
- geometrie obrobku

Parametry stroje:

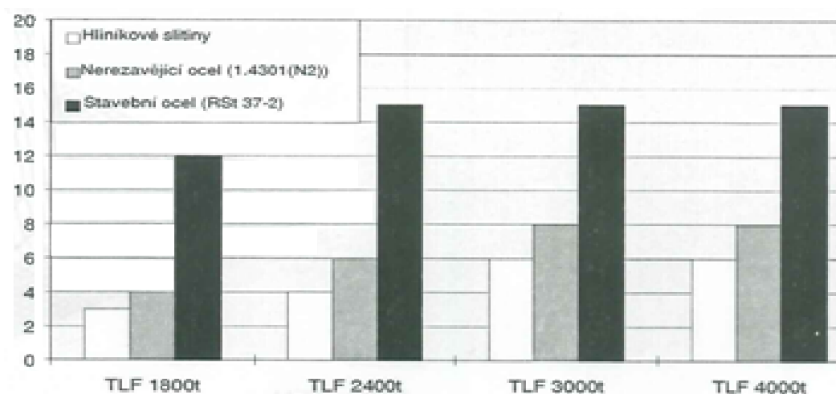
- vychylovací zrcátka laserového agregátu
- poloha paprsku
- astigmatismus
- převáděcí zrcátka
- fokusační čočka
- nastavení laserového paprsku k otvoru trysky, otvor trysky

2.4.1 Parametry laseru

Výkon laseru

Výkon laseru musí být přizpůsoben druhu tloušťce obrobku. Maximální tloušťka obrobku, kterou může opracovávat, závisí na typu laseru a druhu materiálu.

Výkon laseru lze zjistit na laserovém panelu v [%] a [W], nebo změřit v případě vyměněné řezací hlavy pomocí ručního siloměru.



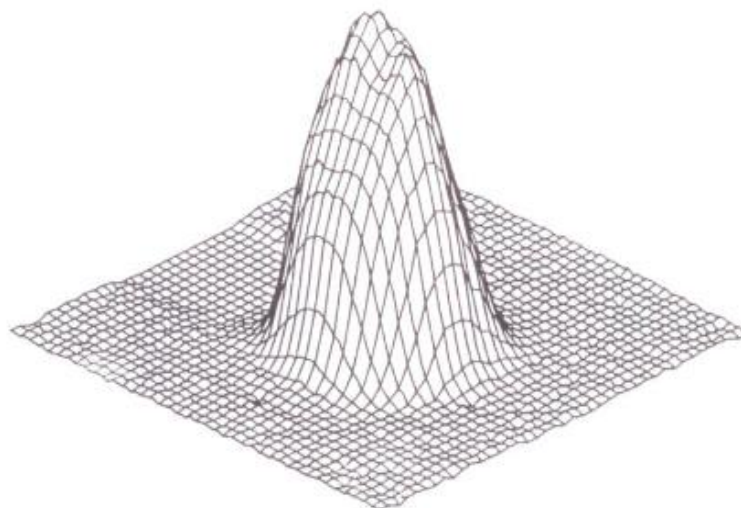
Graf 1. Maximální tloušťky materiálu v závislosti na druhu materiálu [2]

Spínací frekvence

Spínací frekvence lze stejně jako výkon laseru přizpůsobit příslušnému úkolu opracování. Například se doporučuje provádět řezání malých obrysů se sníženou spínací frekvencí. I při zapichování v rampovém režimu se spínací frekvence snižuje.

Rozdělení hustoty výkonu

Zpravidla zaručuje při dělení laserem rozdělení energetické hustoty, které odpovídá Gaussově křivce zvonového tvaru, dobré výsledky řezání.



Obr. 9. Gaussova křivka, režim TEM [2]

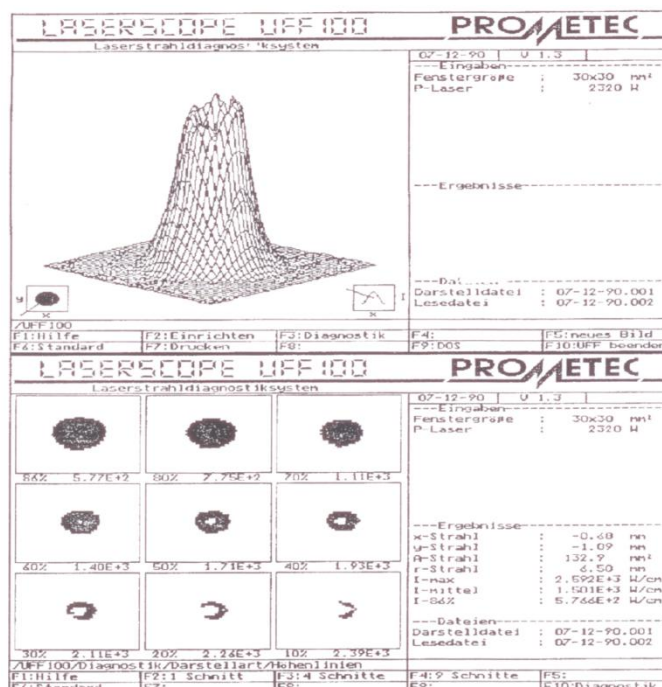
Pro kontrolu rozdělení hustoty výkonu laserového paprsku existují dvě metody:

- měření pomocí plexiskla, tzv. režimový nástřel



Obr. 10. Gaussova křivka, základní režim TEM [2]

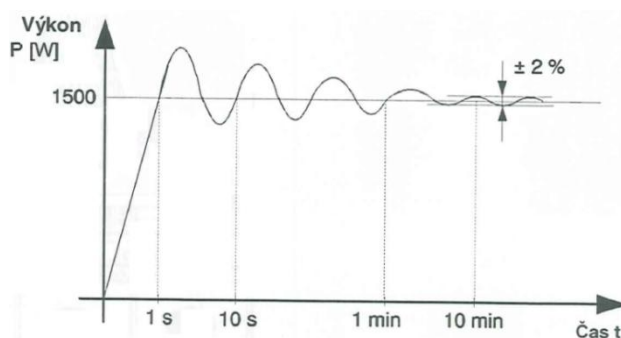
- řízení Prometec, systém pro diagnostiku laserového paprsku:



Obr. 11. Měření pomocí Prometec TEM [2]

Konstantnost výkonu

Rovnoměrný výsledek řezání je zaručen pouze konstantností předvoleného výkonu laseru během celé doby opracování obrobku. Laser potřebuje po zapnutí cca 5-10 minut pro vytvoření konstantního výkonu. Hovoří se zde o momentální konstantnosti výkonu. Ta závisí na teplotě a tlaku plynu, které panují v laseru. Důležité je, aby zaručený výstupní výkon laserového agregátu během používání zůstal zachován a nepoklesl (dlouhodobá konstantnost výkonu). Proto je účelné výkon laseru také pravidelně dlouhodobě prověřovat.



Graf 2. Momentální konstantnost výkonu [2]

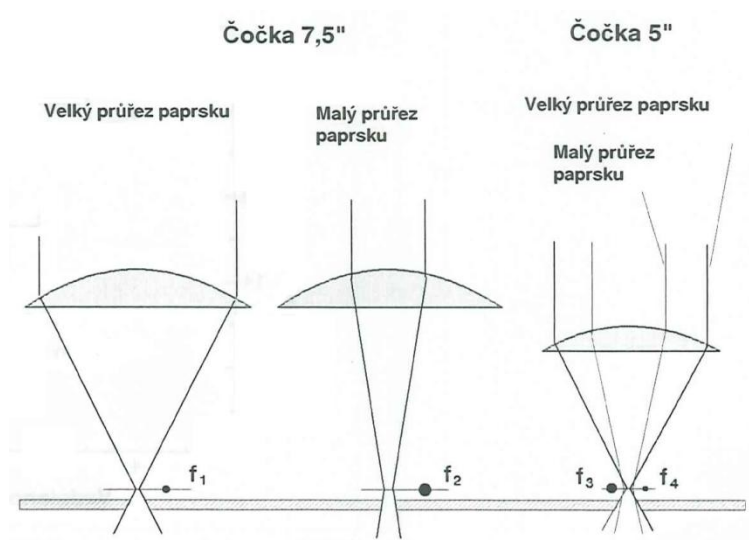
Pokles laseru může mít různé příčiny:

- opotřebení výbojek
- znečištění interního a externího optického systému
- kvalita vody

Proměnný výkon laseru znamená pro opracování materiálu, že při programování výkonu v procentech dochází k opracování materiálu s více nebo méně wattů. V mezních oblastech (vysoká řezná rychlost, resp. tloušťka materiálu) to může vést k výsledkům řezání, které již nejsou uspokojivé. Proto je účelné prověřit, zda údaje v procentech odpovídají údajům ve wattech.

Průměr paprsku

Čím větší je průměr laserového paprsku, tím menší je dosažitelný průměr fokusu a tím řezná spára. Možný průměr fokusu však závisí také na ohniskové vzdálenosti použité fokusační čočky. Fokusační čočky s ohniskovou vzdáleností 7,5 umožňují průměr ohniska $< 0,12$ mm, čočky s ohniskovou vzdáleností 5 průměr $< 0,2$ mm.

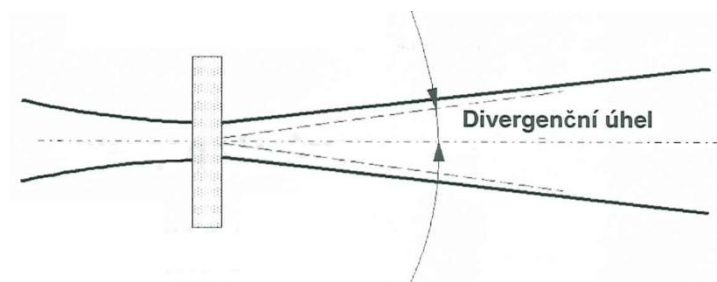


Obr. 12. Průměr paprsku v závislosti na průměru laserového paprsku a čočce [2]

Divergenční úhel

Jako divergence se označuje zvětšení úhlu, kterým se laserový paprsek, po opuštění laserového agregátu rozptyluje. Čím delší je dráha paprsku, tím větší je průměr paprsku. Divergence 1 mrad znamená: laserový paprsek se na 1 m dráhy paprsku rozšíří o 1 mm.

Létající optika znamená: Obrobek je stacionární, obráběcí optika se pohybuje létajícím způsobem nad obrobkem. U těchto strojů má divergenční úhel zvláštní význam. Pro dosažení rovnoměrné kvality řezu v různých vzdálenostech mezi rezonátorem a čočkou musí být divergenční úhel udržen na co nejnižší hodnotě. Proto je na výstupu laserového přístroje instalován paprskový teleskop. Paprskový teleskop snižuje divergenci laserového paprsku tím, že rozšiřuje laserový paprsek na jeden a půl až dvojnásobek. To vede ke zmenšení divergence $< 0,1$ mrad.



Obr. 13. Divergenční úhel [2]

Polarizace

Laserový paprsek musí být kruhově polarizovaný. Lineární nebo eliptická polarizace vede k chybám hran a k chybám pravoúhlosti řezné mezery. Špatná polarizace se projeví u vyříznutého čtverce tím způsobem, že hrany dvou protilehlých stran probíhají kolmo, dvě hrany posunuté o 90° šikmo. Šikmost je vytvořena vždy tak, že hrana se shora dolů rozšiřuje. V extrémním případě to může znamenat, že hrany otočené o 90° již nelze kompletně oddělit.

2.4.2 Procesní parametry

Rychlost řezání

Rychlost řezání musí být přizpůsobena druhu a tloušťce obrobku. Příliš vysoká nebo příliš nízká rychlost může vést k neuspokojivým výsledkům. Jako například: zvýšená drsnost, tvorba ostrých hran nebo výpalky.

Druh plynu

Druh materiálu a požadavky na výsledek řezání určují, jaký plyn je třeba použít. U laserového řezání kovových materiálů plamenem má pro výsledek řezání významný vliv kvalita použitého kyslíku. K znečištění řezacího plynu může dojít při výměně láhví.

Tlak plynu

Tlak plynu je závislý na tloušťce plechu obrobku. Při řezání s kyslíkem hraje větší roli než tlak plynu při řezání s dusíkem. Tenké plechy se řezou s vyšším tlakem plynu než tlusté plechy. Tenké plechy se řezou s vyšší rychlostí řezání než tlusté plechy. V důsledku toho dochází při přívodu plynu k nedostatku kyslíku. Nedostatek kyslíku se vyrovnává vyšším tlakem plynu. Při vysokotlakém řezání se oproti tomu oddělují tlustší obrobky vyšším tlakem plynu, aby došlo k vypuzení vazké taveniny z řezné spáry. Základní pravidlo zní, že při řezání s kyslíkem klesá tlak plynu s přibývajícím tloušťkou materiálu, při řezání s dusíkem je tomu obráceně.

Poloha ohniska

Jako poloha ohniska se označuje vertikální poloha bodu ohniska ve vztahu k povrchu plechu. Důležitým předpokladem pro dobrý výsledek řezání je přesná znalost polohy ohniskového bodu. Poloha ohniska se určuje plazmovou obrysovou metodou nebo stanovením minimální řezné mezery.

2.4.3 Parametry obrobku

Obrobek

S rostoucí tloušťkou materiálu roste u kovových obrobků hloubka drsnosti řezné hrany a výkon laseru potřebný k oddělení. Větší tloušťky materiálů umožňují při stejném výkonu laseru značně nižší maximální rychlosti řezání, než je tomu u tenčích materiálů.

Materiál

Vlastnosti kovových materiálů (absorpce, tepelná vodivost, reflexní schopnost atd.) určují rozhodujícím způsobem jejich oddělitelnost v laserovém paprsku. Vlastnosti materiálu jsou dány jeho součástmi (např. podílem uhlíku, komponentami slitin).

Povrch obrobku

Lesklé povrchy materiálu, jako je tomu u čistého hliníku, vedou k silnému odrazu laserového paprsku a k horším výsledkům řezání. Výsledek řezání zhoršuje rovněž vrstva okují na povrchu plechu. Výsledek řezání ovlivňují také vrstvy laků, vrstvy barev a plastové povrchové vrstvy (např. nálepky, popisky). Drsné nebo matné povrchy umožňují vysokou rychlost řezání. Lehká olejová vrstva, která existuje na velkém množství plechu, nezpůsobuje žádné zhoršení výsledku řezání. Dochází ke značnému snížení tvorby strusky na povrchu plechu.

Dobře se dají řezat plechy s povrchem následující kvality:

- válcované za studena
- mořené
- otryskané pískem

Geometrie obrobku

Určité geometrie obrobku (jako např. jemné můstky, špičaté úhly, malé otvory) způsobují při řezání laserem příležitostně obtíže. Tyto geometrické prvky se proto prořezávají se sníženými parametry:

- snížený výkon laseru
- snížená rychlost řezání
- pulsy

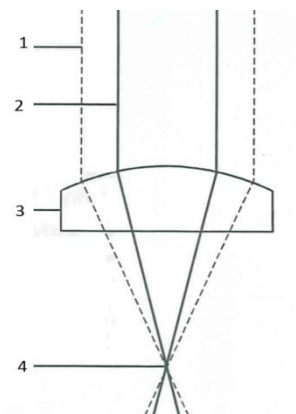
Jinak hrozí nebezpečí, že do obrobku přejde příliš mnoho tepla a části geometrie se vypálí.

2.4.4 Parametry stroje

Vychylovací zrcátka laserového agregátu

Znečištěné vychylovací zrcátko absorbuje energii laseru. To vede k tepelnému / studenému chování laserového paprsku s tím následkem, že laserový paprsek se na dobu několika sekund zúží. V důsledku zúženého laserového paprsku, a rovněž změněné divergence, se mění fokusace laserového paprsku.

V důsledku zúženého laserového paprsku se zvyšuje tepelné zatížení fokusační čočky. Ohnisko pak může být posunuto směrem nahoru. Účinky na proces řezání jsou srovnatelné s účinky znečištěné fokusační čočky.



Obr. 14. Chování laserového paprsku [2]

1	Laserový paprsek (studený)	3	Fokusační čočka
2	Laserový paprsek (teplý)	4	Bod ohniska

Tab. 1. Popis chování laserového paprsku [2]

Poloha parsku

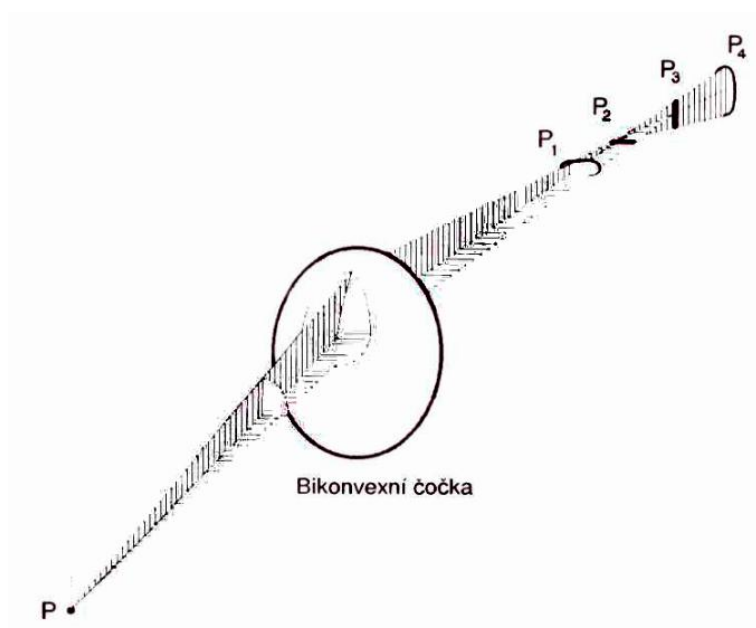
Laserový paprsek musí být umístěn ve vedení paprsku ve všech směrech os rovnoběžně a ve středu. To je kritické zejména u laserových řezacích zařízení s létající optikou a vyžaduje to pečlivé seřízení laserového paprsku a jeho průběžnou kontrolu.

Špatné seřízení vede u laserových seřízení k směrově podmíněným chybám v řezání, ke kterým dochází buď v celé pracovní oblasti stejnou měrou, nebo pouze v určitých částech pracovní oblasti.

Astigmatismus

Pod astigmatismem se rozumí jev, kdy se paprsky vycházející z předmětu a dopadající na čočku šikmo k optické ose nikdy nesjednocují v jednom bodě.

Laserový paprsek, který nedopadá na fokusační čočku kolmo, poté vykazuje oválný průřez. Takovéto chyby jsou při laserovém řezání patrné podle chyb hran.



Obr. 15. Astigmatismus [2]

Převáděcí zrcátka

Znečištěná převáděcí zrcátka mají většinou za následek konstantní zhoršení kvality řezu nezávisle na délce řezu.

- Vytváří se ostrá hrana.
- Hloubka drsnosti roste.
- Ve stavební oceli přibývají výmoly.

Fokusační čočka

Znečištěná fokusační čočka se v důsledku zvýšené absorpce laserového záření zahřívá. Toto zahřívání vede k tomu, že se mění její lomivost. Poloha ohniska se mění směrem nahoru.

- Naříznutí je bez ostré hrany, s přibývajícím délkou řezu dochází ke vzrůstající tvorbě ostré hrany.
- Řezná mezera a hloubka drsnosti rostou.
- Ve stavební oceli přibývají výmoly.
- V extrémním případě se již obrobek neprořízne.

Nastavení laserového paprsku k otvoru trysky

Fokusační čočka musí být nastavena tak, aby byl zaostřovaný laserový paprsek uprostřed otvoru trysky. Zaostřený laserový paprsek smí být mimo středu trysky maximálně $\pm 0,05$ mm.

Důsledky mimostředního laserového paprsku mohou být:

- Všechny řezné plochy určitého směru řezání vykazují sníženou kvalitu.
- V případě silné excentricity může dojít k tomu, že materiál se kompletně neoddělí.
- Tryska se může zahřát, čímž se negativně ovlivní funkce regulace odstupu. Při silném zahřátí se tryska zničí.

Otvor trysky

Správný průměr otvoru trysky závisí na druhu opracování. Při vysokotlakém řezání se tak používají trysky s větším otvorem než u standardního řezání.

Deformovaný otvor trysky, např. oválně zdeformovaný po kolizi, působí stejně jako excentrický paprsek a vede ke směrově podmíněným chybám řezání.

2.5 Vyhodnocení kvality laserových řezů

Pro hodnocení laserových řezů se u firmy TRUMPF používají následující kritéria:

- Řezná spára
- Hloubka drsnosti
- Pravoúhlost
- Doběh drážek
- Tvorba ostrých hran
- Výmoly
- Zóna tepelného vlivu

3 Popis laserového řezacího stroje TLC 1005

Tato kapitola byla zpracována dle literatury [2].

3.1 Koncept stroje



Obr. 16. Laserový řezací stroj TLC 1005 [5]

TRUMPF LASERCELL 1005 (TLC 1005) je vysoce produktivní laserové řezací zařízení k řezání, sváření nebo povrchovému opracování. S tímto zařízením je možno opracovávat plechy, trubky, profily, trojrozměrné nebo rotačně symetrické obrobky.

Stroj pracuje na osvědčeném principu „létající optiky“. To znamená, že opěrný stůl a s ním obrobek stojí, obráběcí optika se pohybuje nad obrobkem.

Jednotlivé moduly tohoto stroje jsou provedeny v modulární konstrukci. Tato konstrukce umožňuje zákaznický specifický, resp. na určité úkoly zaměřené uspořádání stroje.

Hlavními komponenty stroje jsou kromě laserového agregátu vedení paprsku, obráběcí optika, řídicí systém a ochranná kabina k zajištění pracovní oblasti a odsávání k udržení čistoty vzduchu.

Potřebné komponenty zařízení se sestavují v závislosti na metodách opracování, spektrech obrobků, časech cyklů a požadovaných kvalitativních kritériích.

Stroj je vybaven laserem CO₂ konstrukční řady TLF firmy TRUMPF. Podle použití je k dispozici laser s různými výkony. Spektrum výkonu začíná u 1800 W a končí 12000 W. Lasery, které se zde používají, patří k nejlepší generaci konstrukční řady TLF.

Charakteristika laseru:

- Kompaktní konstrukce
- Nízká hmotnost
- Příznivý servis
- Mimořádná stabilita
- Maximální spolehlivost a hospodárnost
- Zlepšená účinnost

3.2 Technické údaje stroje

Pracovní oblast	
Osa X	1250, 2000, 3000, 4000 mm
Osa Y	1500 mm
Osa Z	500 mm
Osa C	n x 360°
Osa B	±120°
Osa A (kulatý stůl)	n x 360°
Maximální pojezdová oblast	
Osa X	1325, 2075, 3075, 4075 mm
Osa Y	1530 mm
Osa Z	502 mm

Maximální pracovní výška	700 mm
Maximální rychlost os	
Osa X	50 m/min
Osa Y	50 m/min
Osa Z	30 m/min
Osa C	120° /s
Osa B	120° /s
Osa A (kulatý stůl)	60° /s
Přesnost	
Nejmenší programovatelná hodnota dráhy	0,01 mm
Střední polohová odchylka	± 0,1 mm
Střední šířka polohového rozptylu	±0,03 mm
Kulatý stůl	
Maximální průměr obvodové kružnice	93 mm
Maximální axiální zatížení	300 kg
Opěrné ložisko	
Zdvih	100 mm
Síla válce při 5 bar	2250 mm

Tab. 2. Technické údaje stroje [2]

3.3 Technické údaje laseru

Typ laseru Laser CO ₂ firmy TRUMPF	Malá konstrukční řada TLF 1800 turbo TLF 2400 turbo TLF 3000 turbo TLF 4000 turbo TLF 5000 turbo	Velká konstrukční řada TLF 5000 turbo TLF 6000 turbo TLF 8000 turbo TLF 12000turbo
Výkon laseru	1800 W až 12000 W	
Impulsní frekvence	100 Hz až 10 kHz	

Tab. 3. Technické údaje laseru [2]

3.4 Celkové technické zařízení

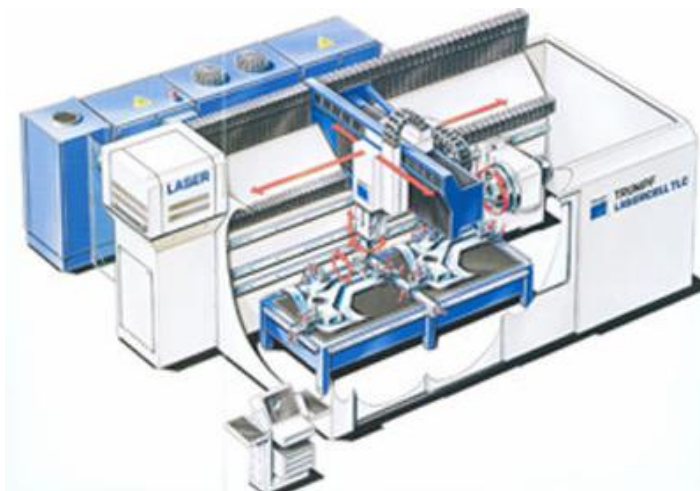
Elektrické připojení (celková spotřeba v závislosti na laseru)	
TLF 1800 turbo	64 kVA
TLF 2400 turbo	72 kVA
TLF 3000 turbo	75 kVA
TLF 4000 turbo	90 kVA
TLF 5000 turbo	135 kVA

TLF 6000 turbo	145 kVA
TLF 8000 turbo	181 kVA
TLF 12000turbo	281 kVA
Pneumatické připojení	
Přípojný tlak	6 + 1 bar
Maximální spotřeba stlačeného vzduchu	30 Nm ³ / h

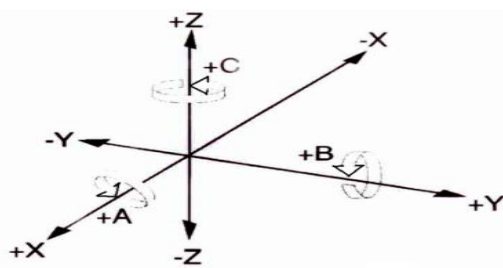
Tab. 4. Celkové technické údaje [2]

3.5 Souřadnicový systém

Stroj má v závislosti na vybavení maximálně 6 os:



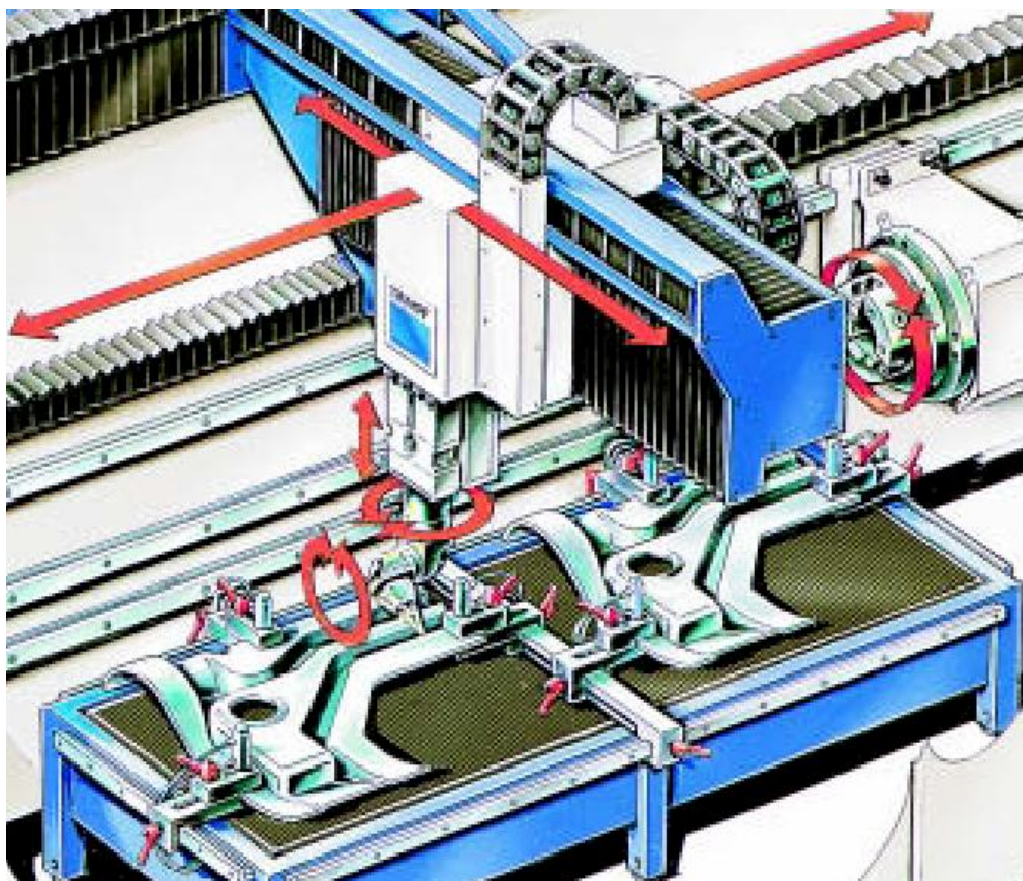
Obr. 17. Souřadnicový systém stroje [3]



Obr. 18. Osy stroje [2]

Osa X	Horizontální pojezdový pohyb pohybové jednotky podél ke stroji
Osa Y	Horizontální pojezdový pohyb saní Y
Osa Z	Vertikální pojezdový pohyb laserové obráběcí hlavy
Osa A	Kruhová osa paralelně k tělesu stroje (volitelné vybavení)
Osa B	Otáčivý pohyb laserové obráběcí hlavy kolem osy Y ($\pm 120^\circ$)
Osa C	Otáčivý pohyb laserové obráběcí hlavy kolem osy Z ($\pm 120^\circ$)

Tab. 5. Popis souřadnicového systému [2]



Obr. 19. Souřadnicový systém stroje [3]

Na TLC 1005 existují dva souřadnicové systémy:

- Souřadnicový systém stroje
- Souřadnicový systém obrobku

Momentální stav transformace 5 os rozhoduje o tom, který z obou souřadnicových systémů je aktivní.

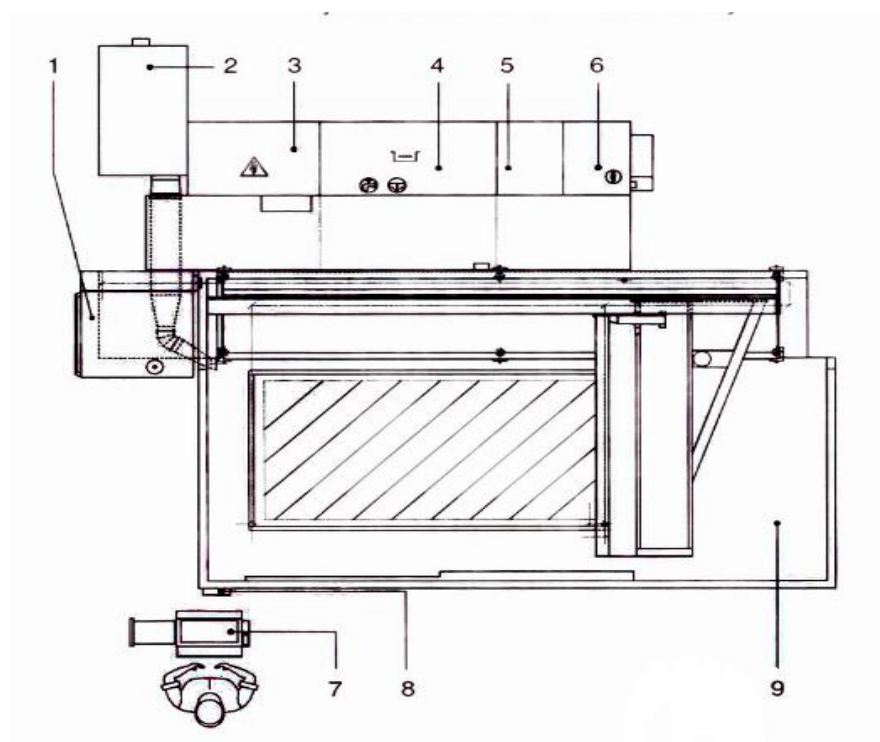
Souřadnicový systém obrobku

Transformace 5 os je aktivována. Naprogramované dráhové informace jednotlivých os stroje se vztahují ke středu paprsku – ohniskový bod

Souřadnicový systém stroje

Transformace 5 os je deaktivována. Naprogramované dráhové informace jednotlivých os stroje se vztahují ke středu paprsku – bod otáčení – převodové ústrojí B/C.

3.6 Konstrukční část laserového zařízení



Obr. 20. Popis konstrukční části laserového zařízení [2]

1 – Laser TLF

Vytváření laserového záření.

2 – Kompaktní odprašovač

Odsávání kouřových plynů a vznášejících částic v ochranné kabině.

3 – Skříňový rozvaděč

Řízení CNC, logická a výkonová část, elektrické napájení pohonů.

4 – Chladicí agregát

Chlazení (laserový agregát)

5 – Vysokofrekvenční generátor

Generuje vysokofrekvenční energii

6 – Skříňový rozvaděč - laser

Řízení CNC, logická a výkonová část, elektrické napájení pohonů.

7 – Obslužný panel

Obsluha stroje.

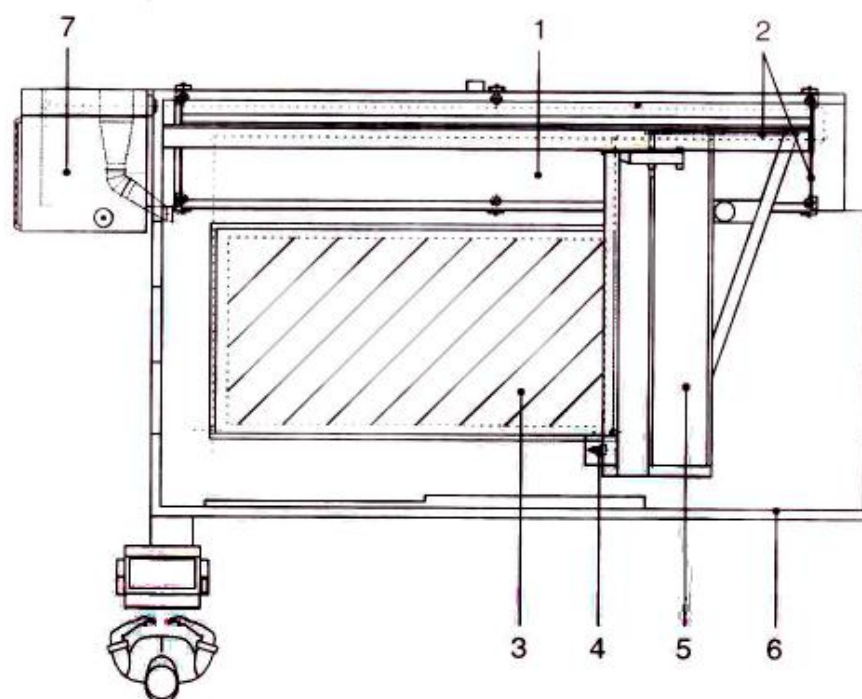
8 – Programovací ruční přístroj (výukový panel)

Vytváření programu NC pro opracování 3D.

9 – Základní stroj s ochranou kabinou

Opracování obrobku.

3.7 Konstrukční části základního stroje



Obr. 21. Popis konstrukčních částí základního stroje [2]

1 – Těleso stroje

Uchycení pohybové jednotky, generátoru paprsku, vedení paprsku a všech funkčně důležitých konstrukčních částí.

2 – Vedení paprsku

Přívod laserového paprsku mezi generátorem paprsku a obráběcí optikou.

3 – Opěrný stůl

Uchycení obrobku během opracování.

4 – Osa Z s obráběcí optikou

Vedení laserového paprsku, přívod řezacího plynu, zaostřování laserového paprsku na obrobek.

5 – Pohybová jednotka X, Y, Z

Uchycení a pohon saní Y a Z, pohon saní X.

6 – Ochranná kabina

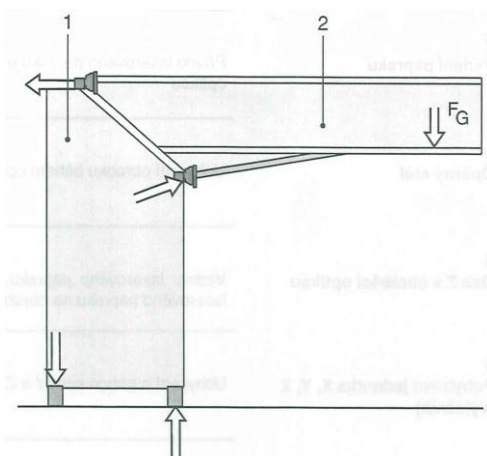
Odstínění laserového záření.

7 – Plech přístroje

Instalace pneumatických spínacích prvků.

Těleso stroje

Těleso stroje je provedeno jako jednodílná ocelová svařovaná konstrukce. Optimalizovaná uzavřená struktura se zaměřuje na tok síly. Těleso stroje a výložník byly optimalizovány a vypočteny pomocí FEM. Tím je dosaženo vysoké torzní a ohybové pevnosti.



Obr. 22. Těleso a výložník stroje [2]

1	Těleso stroje	2	Výložník
---	---------------	---	----------

Tab. 6. Popis tělesa stroje [2]

Jednoduchá instalace a uvedení do provozu

Pevnost stroje je dimenzována tak, aby byla možná instalace na 6 bodech. Solidní zakotvení se zalitými nastavitelnými klíny zajišťuje optimální pevnost a trvalé vyrovnání stroje. Kompaktní konstrukce zaručuje rychlou a jednoduchou instalaci a uvedení do provozu.

Základ pro přesnost stroje

Těleso stroje obsahuje všechny základní funkce, které jsou rozhodující pro přesnost stroje. Patří sem:

- Uchycení pohybové jednotky X, Y, Z (výložník)
- Vedení saní X
- Generátor paprsku a vedení paprsku (pro laser malé konstrukční řady)
- Upevnění ochranné kabiny, vedení energie, odsávací systém a všechny plynové a přístrojové technické funkce

Lasery velké konstrukční řady stojí na zvláštní podestě vpravo za strojem.

Pohybová jednotka X, Y, Z (výložník)

Pohybová jednotka se skládá z volně nosného výložníku a na něm napojených saní Y s integrovanou osou Z prostřednictvím vodících kolejnic (saně X) je pohybová jednotka spojena s tělesem stroje.

K nejdůležitějším modulům pohybové jednotky patří:

- Výložník se saněmi Y
- Pohon osy X
- Pohon a vedení osy Z

V ose Z je integrováno převodové ústrojí osy B, C a obráběcí optika.

Pojezdová oblast osy X, Y, Z je omezena softwarovým koncovým spínačem. Navíc je pojezdový pohyb os zajištěn mechanicky ovládanými koncovými spínači nouzového vypnutí a pevnými zarážkami.

Pohony

Veškeré pohony jsou digitální trojfázové servomotory firmy Siemens. Výhody digitálních pohonů jsou:

- Dlouhá životnost i při tepelném zatížení
- Žádné nároky na údržbu díky regulaci permanentními magnety
- Druh ochrany IP 65: ochrana proti stříkání vody chladících prostředků

Vysoký silový styk, velmi dobré oběhové vlastnosti a vysoká dráhová přesnost oproti analogově napájeným pohonům zaručují vysokou rozměrovou přesnost. Digitální pohony nepodléhají poruchovým vlivům způsobeným elektrickými poly.

Ochranná kabina

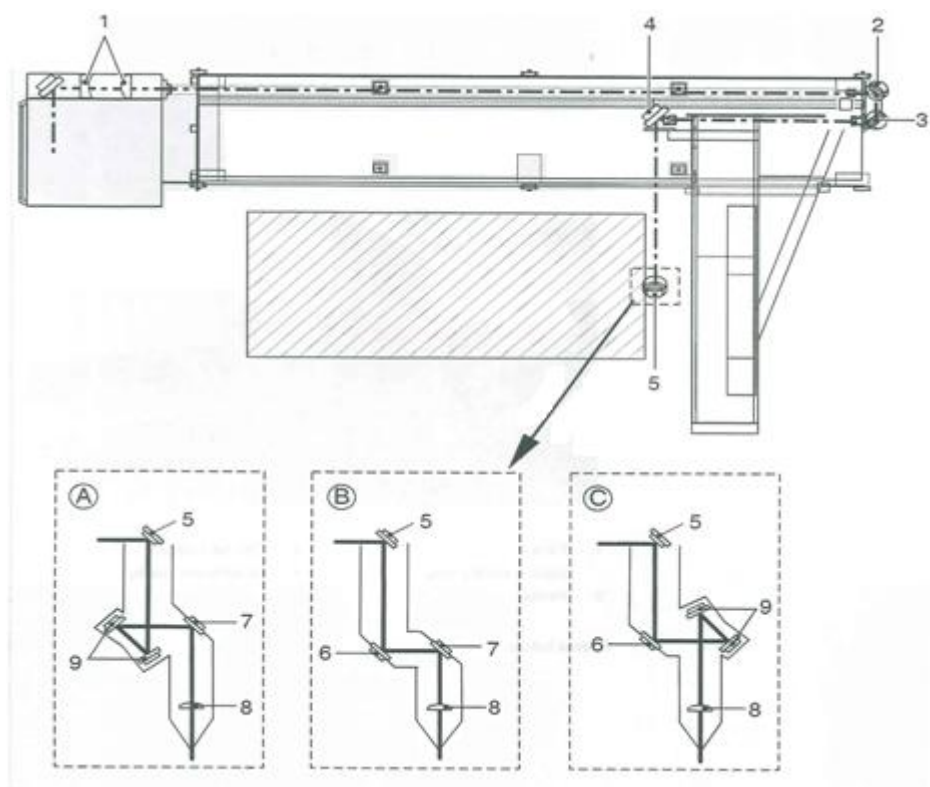
Hnací prostor je zajištěn obklopující ochrannou kabinou. Ochranná kabina je z plechu a v horní části má průzorové okno z materiálu Makrolon. Dále každá kabina má jedny nebo více dveří, které jsou zajištěny bezpečnostními spínači.

Opěrný stůl

Opěrný stůl slouží k uchycení plechu nebo obrobku 3D během opracování. Maximální nosnost stolu je 1t. existují 4 standardní rozměry:

- $Y = 1500, X = 1500$
- $Y = 1500, X = 2000$
- $Y = 1500, X = 2500$
- $Y = 1500, X = 3000$

3.8 Vedení paprsku



Obr. 23. Vedení paprsku [2]

A	S převodovým ústrojím AutoLas Plus	B	Bez AutoLas Plus	C	Řezací hlava AutoLas Plus zrcátkem
---	------------------------------------	---	------------------	---	------------------------------------

1	Interní teleskop v laseru	4	Převáděcí zrcátko osa X/Y	7	Převáděcí zrcátko řezací hlava
2	Převáděcí zrcátko osa X/Y	5	Převáděcí zrcátko osa Y/Z	8	Čočka (jen v řezací hlavě)
3	Posunovač fází	6	Převáděcí zrcátko převodové ústrojí B/C	9	Zrcátka AutoLas Plus

Tab. 7. Popis vedení laserového paprsku [2]

Kompletně zapouzdřené vedení paprsku

Laserový paprsek je mezi generátorem paprsku a řezací hlavou kompletně zapouzdřený. Laserový paprsek nemůže unikat, kouřové plyny nemohou vniknout do chodu paprsku

Laserový paprsek se vytváří v rezonátoru laserového agregátu. Po výstupu rezonátoru je paprsek veden přes několik převáděcích zrcátek tělesem stroje a výložníkem k obráběcí optice. Čočka obráběcí optiky zaostřuje paprsek na obrobek. Vedení paprsku je integrováno v tělese stroje, resp. ve výložníku. Trasa paprsku je odstíněna speciálními vlnovci.

Teleskop

Teleskop se skládá z konvexního a konkávního měděného převáděcího zrcátka. Teleskop snižuje divergenci laserového paprsku tím, že laserový paprsek rozšiřuje. Divergence je zvětšení úhlu, pod kterým se laserový paprsek rozptyluje.

Posunovač fází

Posunovač fází mění polarizaci laserového světla. Lineární polarizace se mění na polarizaci kruhovou.

Chlazená převáděcí zrcátka

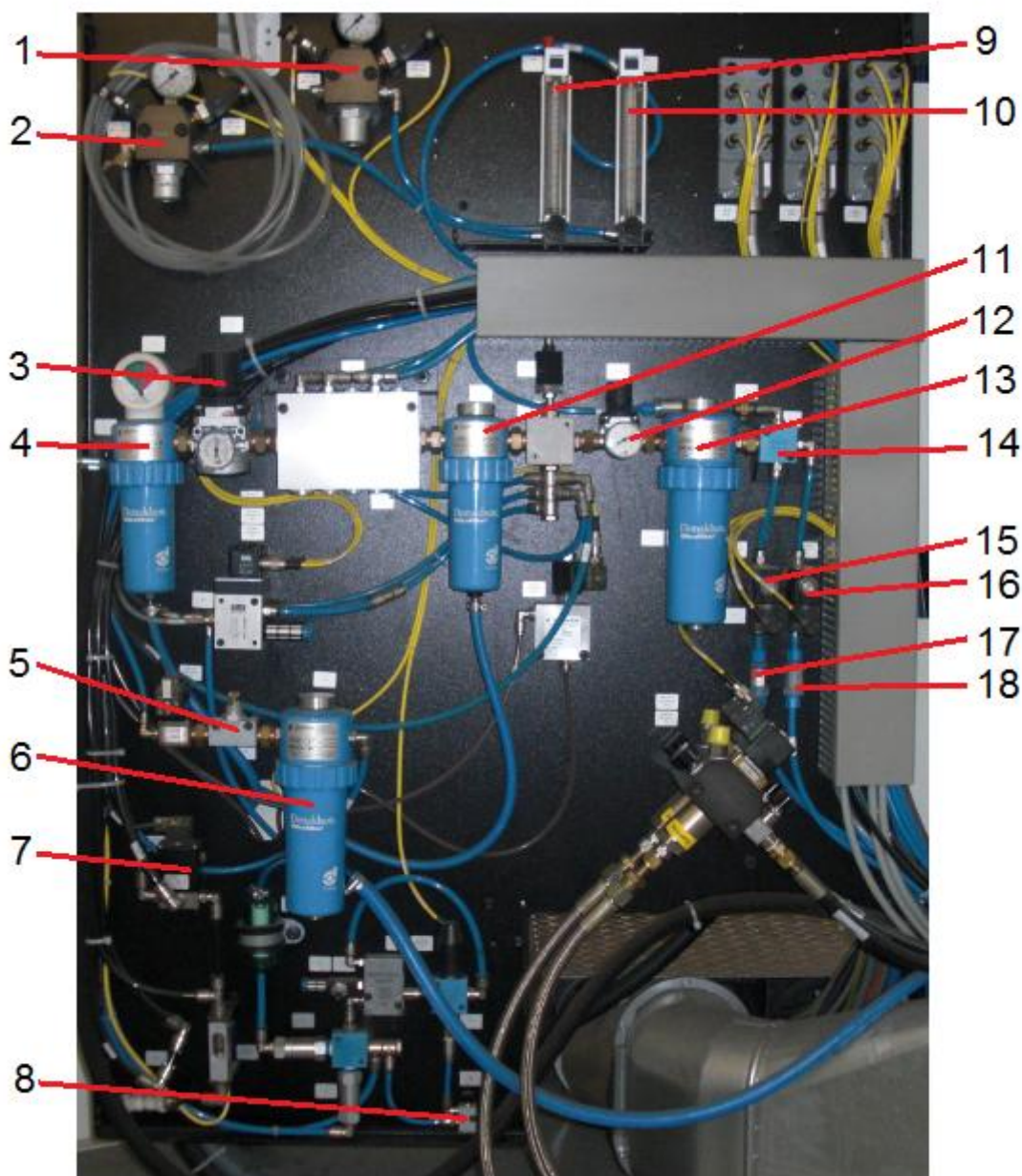
Všechna zrcátka a clony v trase paprsku a v řezací hlavě jsou chlazená chladícím oběhem laseru.

Zavzdušnění trasy paprsku

Celá trasa paprsku je zavzdušňována stlačeným vzduchem. Tři v řadě uspořádané filtrační prvky zajišťují, že do trasy paprsku se dostane pouze vzduch, který neobsahuje olej a prach.

Plech přístroje

U strojů s laserem TLF malé konstrukční řady je plech přístroje umístěn pod laserovou konzolou. Nejdůležitější ovládací prvky (např. průtokoměr řezacího plynu) jsou přístupné po pouhém otevření klapky. Obložení plechu přístroje je namontováno na kolečkách a v případě potřeby jím lze jednoduše odjet.



Obr. 24. Plech přístroje TLC 1005 [2]

1	Tlakový regulační ventil (řezací plyn)	7	Bezpečnostní ventil	13	Filtr s aktivním uhlím (zavzdušnění trasy paprsku)
2	Tlakový regulační ventil (řezací plyn)	8	Spínač Reset - princip blokovacího plynu	14	Ventil k zapínání a vypínání (zavzdušnění trasy paprsku)
3	Regulační ventil (Provozní tlak)	9	Průtokoměr (Řezací plyn)	15	Ventil k zavzdušnění vedení paprsku - řezání
4	Předřazený filtr pro stlačený vzduch	10	Průtokoměr (Řezací plyn)	16	Ventil k zavzdušnění vedení paprsku - řezání
5	Škrticí ventil pro Crossjet	11	Hlavní filtr pro stlačený vzduch	17	Jednocestný filtr (zavzdušnění vedení paprsku)
6	Filtr s aktivním uhlím Crossjet	12	Tlakový regulační ventil (zavzdušnění trasy paprsku)	18	Jednocestný filtr (zavzdušnění vedení paprsku)

Tab. 8. Popis plechu přístroje [2]

Centrální mazání

Centrální mazání zásobuje pastorky pohonu X, Y, Z a vodící ložisko os tekutým mazivem. Dávkování maziva je pevně nastaveno. Mazací cyklus je vyvolán řídicím systémem automaticky každých 12 hodin a je indikován hlášením na obslužném panelu. Po potvrzení tohoto hlášení se provede mazací cyklus vždy na konci programu probíhajícího programu zpracování. Mazací cyklus lze navíc vyvolat manuálně.



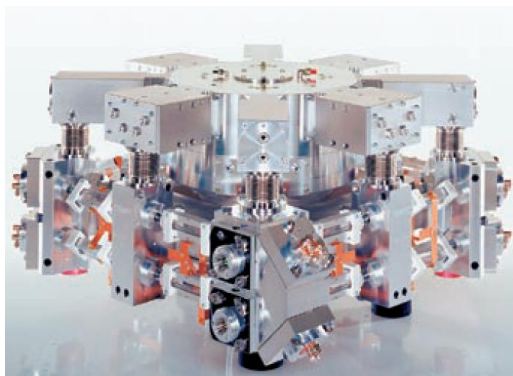
Obr. 25. Nádoby centrálního mazání a oddělovaného kondenzátu [2]

19	Jednopístové čerpadlo a nádrž s tekutým mazivem centrálního mazání	20	Manometr (mazací tlak)	21	Nádrž pro oddělení kondenzátu
----	--	----	------------------------	----	-------------------------------

Tab. 9. Popis nádob centrálního mazání [2]

Laser CO₂ + N₂

Lasery TLF mají radiální turbodmychadlo k cirkulaci laserového plynu. Lasery se vybuzují vložením vysokofrekvenčního střídavého napětí. Vysokofrekvenční vybuzení vede k homogennímu výboji plynu a tím ke konstantnímu výkonu laseru.



Obr. 26. Radiální turbodmychadlo [4]

Směrový laser He + Ne

Směrový laser se vytváří v rezonátoru laseru a je veden přes vedení paprsku k řezací hlavě a tryskou na obrobek. Laser je vždy aktivní, jakmile se laserový řezací paprsek zažehne, je směrový laser vypnutý.

Směrový laser se označuje také jako seřizovací laser. Používá se jako pomůcka k zavádění a seřizování laserového paprsku. Směrový laser vrhá na obrobek malý červený světelný bod. Tím je umožněno rychlé a jednoduché polohování řezací hlavy.

Výhody:

- Najíždění do startovní polohy
- Zaznamenávání výukových bodů
- Pojíždění obrysů obrobku 3D za účelem kontroly naučeného programu NC

4 Údržba laserového řezacího stroje TLC 1005

Tato kapitola byla zpracována dle literatury [2].

4.1 Obecné směrnice

Řádná údržba je předpokladem pro zachování kvality stroje. Zabraňuje poruchám provozu a jejich následkům. V tomto smyslu si zasluhují pozornost následující informace.

Stroj je nutno při činnostech údržby vypnout pomocí hlavního spínače. Hlavní spínač je třeba zamknout a vytáhnout klíč. Aby se zabránilo nehodám, musí se striktně dodržovat bezpečnostní pravidla.

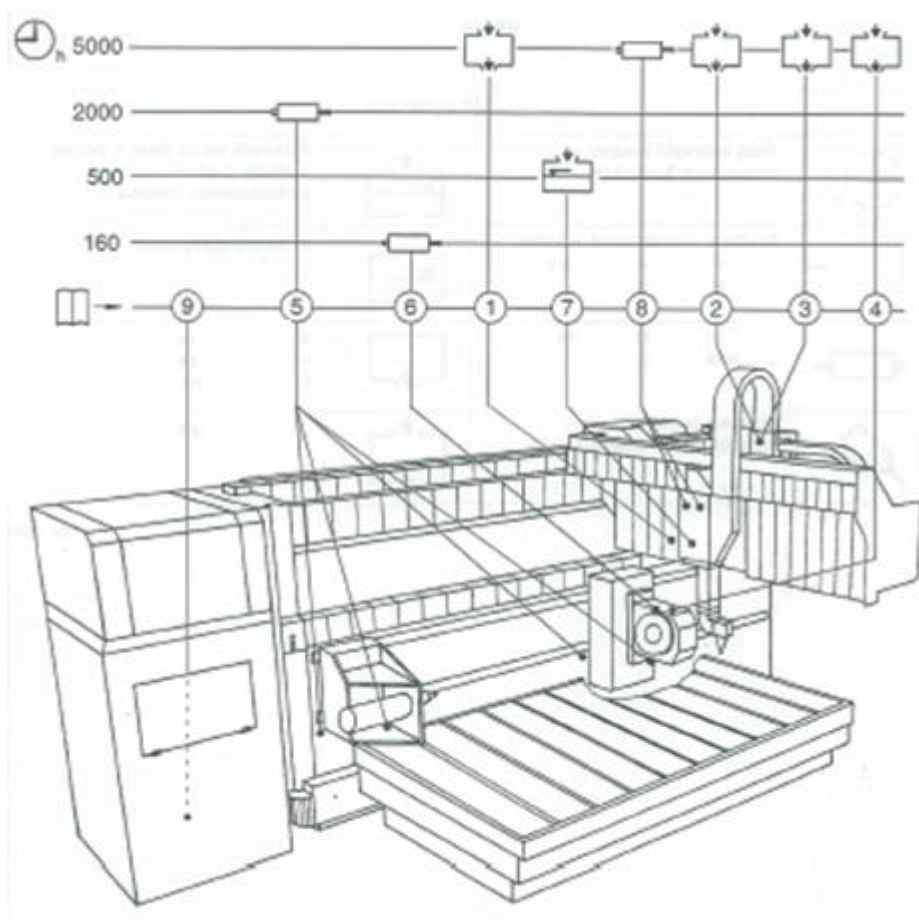
Před uvedením stroje do provozu musí být stroj pečlivě namazán podle plánu mazání. Pokud zůstal stroj delší dobu nepoužitý, je nutno veškeré mazání stroje prověřit. V případě potřeby je nutno ze všech mazaných míst a vedení mazání odstranit veškerý zatuhlý olej.

Celé zařízení je třeba v pravidelných intervalech čistit. Hrubé nečistoty je možno omést nebo odsát průmyslovým vysavačem.


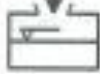

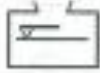
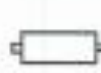



Pro mazání stroje platí plán mazání stroje a vysvětlivky k plánu mazání. Dále doporučuji respektovat následující body:

- Plnicí a odtokové uzávěry nenechávat otevřené déle, než je nutné, a udržovat je neustále v čistotě.
- K čištění olejových prostorů a míst mazání používat hadry na čištění, které nespouštějí vlákna a nízko viskózní vřetenový olej
- Starý olej vypouštějte pouze za provozní teploty
- Zvláštní pozornost je třeba věnovat řádné likvidaci starého oleje

4.2 Plán mazání



Obr. 27. Mazané místa v mazacím plánu [2]

	Údaj intervalů mazání v provozních hodinách		Kontrola stavu oleje, v případě potřeby doplnění na požadovanou hladinu
	Přečtení vysvětlivek k místům mazání a místům zásahu v návodu k obsluze		Kontrola stavu oleje
	Mazání pomocí mazacího lisu (olejového lisu)		Vyprázdnění nádrže, zde: vyprázdnění separátoru kondenzované vody
	Mazání obecně pomocí olejničky nebo rozprašovače		Výměna obsahu nádrže

Tab. 10. Vysvětlení symbolů v plánu mazání [2]

4.2.1 Tabulka mazacích prostředků

Č.	Místo údržby	Mazací prostředek
1	Převodové ústrojí osy X	ESSO Spartan EP 150
2	Převodové ústrojí osy Y	
3	Převodové ústrojí osy Z	
4	Převodové ústrojí osy A	
5	Ložiskové stojany na posuvném kulatém stole, opěrné ložisko, opěrný stůl (volitelné vybavení)	Volitelné nastavení, které se na stroji nepoužívá (ESSO BEACON EP 2)
6	Pohon – deska se závitovými otvory – kulatý stůl	Volitelné nastavení, které se na stroji nepoužívá (Klüber Microlobe GB00)
7	Převodové ústrojí osy B a C	ESSO Spartan EP 150
8	Mezilehlé převodové ústrojí motoru osy B a C	ESSO Spartan EP 150
9	Centrální mazání	Klüber Microlobe GB00

Tab. 11. Mazací prostředky [2]

Převodové ústrojí osy X, Y, Z

Interval – provozní hodiny: 5000

Výměna oleje:

Vypuštění oleje:

- Otevřít šroub pro odtok a plnění oleje
- Nechat olej vytéct ve stavu provozní teploty

Doplnění oleje

- Zavřít odtokový šroub
- Naplnit olej (cca 0,5 l)
- Zavřít plnicí šroub

Převodové ústrojí osy B a C

Interval – provozní hodiny: 500

Kontrola plnosti:

Provedení kontroly ve stavu provozní teploty, v případě potřeby doplnění.

- Uvolnit obložení na pinole Z
- Vyšroubovat plnicí hrdla vlevo a vpravo obou hnacích motorů
- Zkontrolovat hladinu maziva. Ozubené kolo musí být pokryté minimálně do poloviny a maximálně cele.

Mezilehlé převodové ústrojí motoru osy B a C

Interval – provozní hodiny: 5000

Mazání

- Uvolnit obložení na pinole Z
- Naplnit maznici pomocí mazacího lisu

Centrální mazání

Interval – provozní hodiny: 2000

Kontrola naplnění nádrže

Každých 2000 provozních hodin je třeba zkontrolovat stav nádrže mazacího prostředku. Po 350 cyklech mazání se objeví na obrazovce upozornění: „zkontrolujte stav maziva“. Nádrž mazacího prostředku nesmí být nikdy prázdná, jinak nastane odstavení stroje.

- Zkontrolovat naplnění v nádrži mazacího prostředku a v případě potřeby doplnit.
- Potvrdit hlášení na řídicím systému.

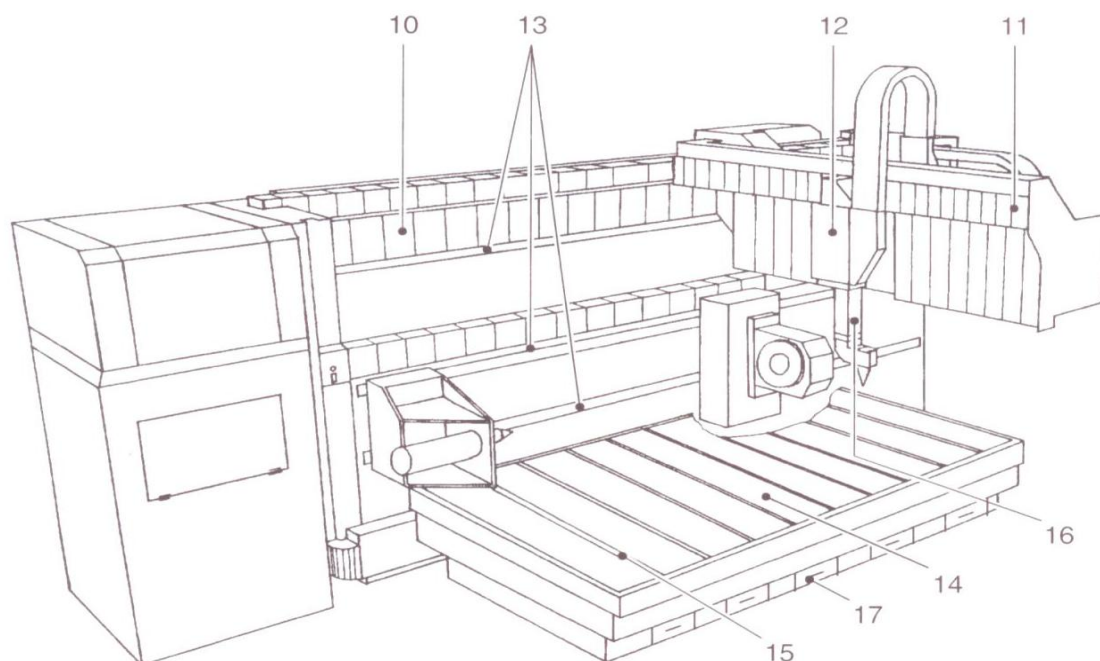
Doplnění mazacího prostředku

- Sejmout kryt z nádrže mazacího prostředku
- Pomalu doplnit mazací prostředek, aby nedocházelo ke vzniku bublin.
- Zavřít kryt

Mazací tlak na tlakoměru by měl být minimálně 30 bar. Mazací tlak je během aktivního mazacího cyklu automaticky kontrolován tlakovým spínačem. Je-li tlak nižší než 30 bar, mazací cyklus se přeruší. Objeví se chybové hlášení. Příčiny mohou být:

- Vzduch ve vedení
- Prasklá hadice
- Prázdná nádrž mazacího prostředku

4.3 Údržba základního stroje



Obr. 28. Místa mazání základního stroje [2]

10, 11, 12 zubové tyče osy X, Y, Z

Interval – provozní hodiny: 2000

Vyčištění a naolejování:

- Povolit vlnovce a posunout je na stranu
- Zubové tyče vyčistit štětcem, hadrem nespouštějícím vlákna a vřetenovým olejem

13 vodící kolejnice – osa X

Interval – provozní hodiny: 40

Vyčištění a naolejování:

- Provádět čištění štětcem a petrolejem
- Poté nanést na vyčištěná místa tenký olejový film
- Zkontrolovat opotřebení stěračů nečistot a v případě potřeby vyměnit

14 odsávací vany v opěrném stole

Interval – provozní hodiny: 40

Čištění

- Uvolnit zbytky strusky
- Vanu vymést nebo vysát

15 opěrné lišty – opěrný stůl

Interval – provozní hodiny: 8

Čištění

- Uvolnit zbytky strusky, v případě potřeby opěrné lišty vyměnit

16 kabelové přípoje a rychlospojky – pinola Z

Interval – provozní hodiny: 8

Kontrola

- Zkontrolovat těsnost přípojů vzduchu, plynu a vody

4.4 Údržba kompaktního odprašovače

Jedná se o velmi jemný kovový prach, který z důvodu nebezpečí výbuchu nesmí dojít do styku s hořlavými předměty.

Skříň

Interval – provozní hodiny: 8

Kontrola

- Rukou prověřit skříň, abychom zjistili případné vibrace (nevyváženost motoru nebo oběžného kola ventilátoru)

Interval – provozní hodiny: 8

Čištění

- Vyčištění celého přístroje zevnitř a zvenčí. Oprava případného poškození nátěru.

Jednorázová nádrž

Interval – provozní hodiny: 8

Kontrola stavu naplnění a výměna

- Zkontrolovat vizuálně naplnění nádrže, je-li nádrž plná do 2/3, je ji nutno vyměnit.
- Nádrž řádně zavřít a zlikvidovat.
- Při instalaci nové nádrže dát pozor, aby přilehla těsně k trychtýři.

Výstup čistého plynu

Interval – provozní hodiny: 8

Kontrola

- Vyčištění nebo výměna prvků filtru

Pokud vzniká u výstupu čistého plynu prachový závoj, může to mít následující příčiny:

- Trhliny, otvory nebo opotřebení prvků filtrů
- Poškození gumového těsnění mezi ocelovou trubkou a prvky filtru
- Špatná montáž prvků filtru

Prvky filtrů

Interval – provozní hodiny: 2000

Kontrola a výměna

Provádět pravidelnou kontrolu nepoškozenosti prvků filtrů, jejich čištění a případnou výměnu.

- Vypnout stroj hlavním vypínačem.
- Zavřít přívod tlakového vzduchu.
- Vyprázdnit nádrž s tlakovým vzduchem.
- Otevřít dveře k prostoru filtru.
- V případě potřeby prvky filtru demontovat a vyčistit.

Příznaky mohou být:

- Snížil se výkon odsávání?
- Vzrostl odpor filtru?
- Je na prvcích filtru napečený materiál?

Demontáž prvků filtru

- Zavřít přívod tlakového vzduchu.
- Vyprázdnit nádrž s tlakovým vzduchem.
- Otevřít dveře k prostoru filtru.
- Demontovat všechny prvky filtru. Přitom vždy odšroubovat svěrací plechy desek filtru vlevo a vpravo.
- Opatrně vyjmout prvky filtru z přístroje.
- Zkontrolovat gumové těsnění, v případě potřeby je vyčistit nebo vyměnit.

Montáž prvků filtru

- Prvky namontovat zpátky v obráceném pořadí.
- Našroubovat svěrací plechy s příslušnými distančními pouzdry a lehce utáhnout.
- Vyrovnat desky filtru středově vertikálně ve výřezu šterbinové desky skříně.
- Utáhnout šrouby svěracích plechů, přitom dát pozor na rovnoměrné přitlačení desky filtru ke šterbinové desce skříně.

4.5 Údržba pneumatických částí zařízení a filtrů

Manometr tlakového vzduchu – provozní tlak

Interval – provozní hodiny: 40

Kontrola

- Zkontrolovat provozní tlak. Požadovaná hodnota 6 bar

Manometr tlakového vzduchu – zavzdušnění trasy paprsku

Interval – provozní hodiny: 40

Kontrola

- Zkontrolovat provozní tlak. Požadovaná hodnota 4,5 bar

Předřazený filtr přívodu stlačeného vzduchu

Interval – provozní hodiny: 40

Kontrola

Prvky filtru nesmí být od oleje. Indikace na předřazeném filtru musí být v zelené oblasti. Je-li indikace v červené oblasti, musí se vložka filtru vyměnit.

Filtr s aktivním uhlím – zavzdušnění trasy paprsku

Interval – provozní hodiny: 500

Kontrola

- Vypnout tlak vzduchu.
- Povolit rýhovanou matici.
- Stáhnout hliníkový hrnec.
- Vyšroubovat prvek filtru a zkontrolovat jeho znečištění a vlhkost.

Interval – provozní hodiny: 5000

Výměna vložky filtru

- Pokud je vložka filtru silně znečištěná, musí se v každém filtru vyměnit.

Plynový filtr pro řezací plyn

Kontrola

- V případě nashromáždění kondenzované vody otevřít odtokový šroub na mosazné nádrži a provést vyprázdnění.
- V případě silného znečištění vložku filtru vyměnit.

Sběrná nádrž – separace kondenzátoru

Interval – provozní hodiny: 1000

Kontrola

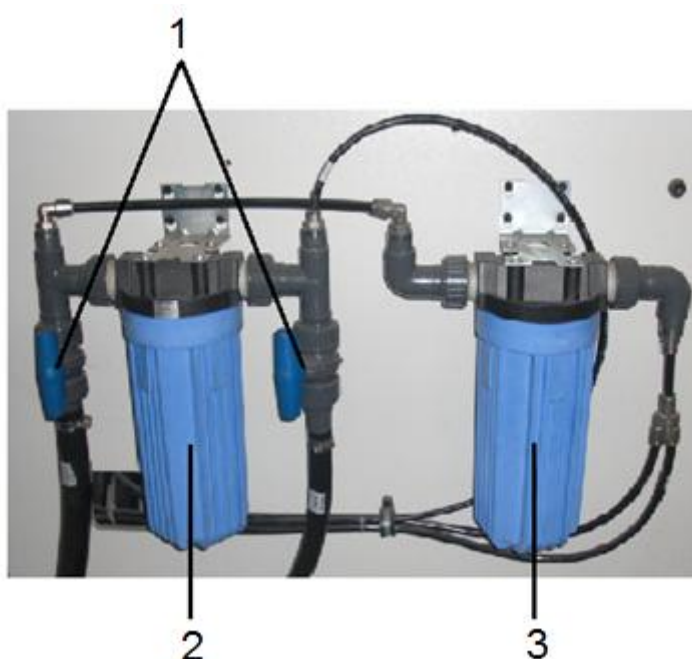
- Zkontrolovat nádrž a v případě potřeby nádrž vyprázdnit.

Hlavní proudový filtr a AutoLas Plus vodní filtr v chladicím oběhu

Interval – provozní hodiny: 160

Kontrola a výměna

- Zavřít uzavírací kohouty na hlavním proudovém filtru.
- Vyšroubovat hrnec filtru na hlavním proudovém filtru a na vodním filtru AutoLas Plus a u vložky filtru zkontrolovat znečištění
- V případě znečištění vložku filtru vyměnit
- Našroubovat hrnec filtru
- Otevřít uzavírací kohouty



Obr. 29. Hlavní proudový filtr a vodní filtr AutoLas Plus [2]

1	Uzavírací kohout	2	Hlavní proudový filtr	3	Vodní filtr AutoLas Plus
---	------------------	---	-----------------------	---	--------------------------

Tab. 12. Popis hlavního proudového filtru a vodního filtru AutoLas Plus [2]

Filtr ve vedení zavzdušnění trasy paprsku na řezací hlavě

Interval – provozní hodiny: 160

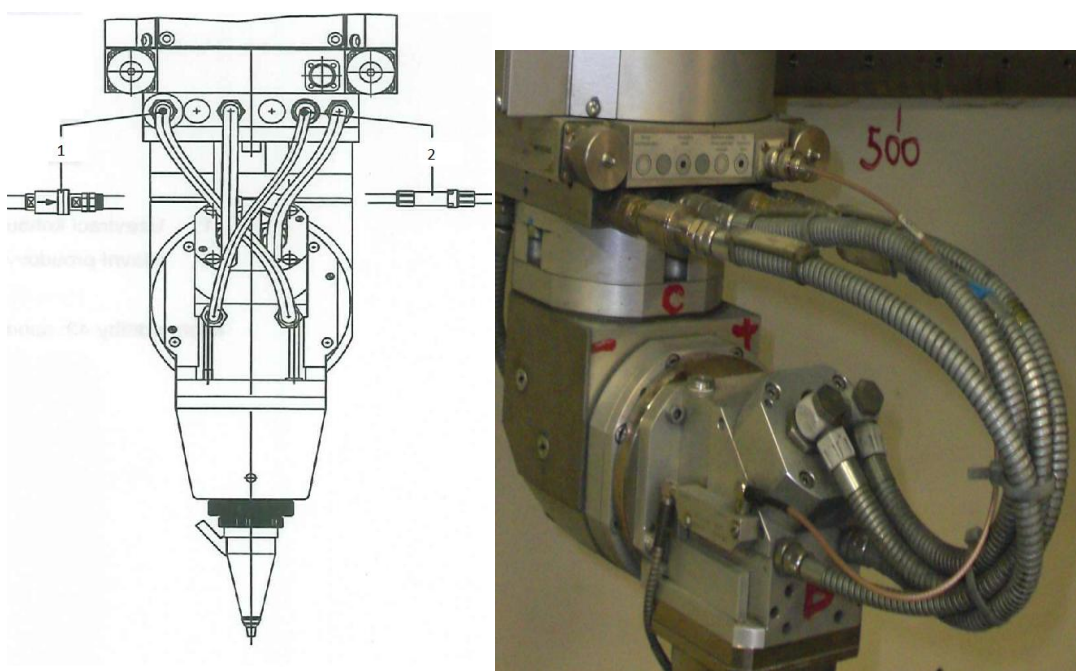
Kontrola a výměna

- Je-li proudový filtr do poloviny znečištěný, musí se vložka filtru vyměnit.

Filtr ve vedení řezacího plynu na řezací hlavě

Interval – provozní hodiny: 160

- Zkontrolovat znečištění filtru. V případě silného znečištění filtr vyměnit.
- Dát pozor na směr montáže vložky filtru. Šipka musí ukazovat ve směru průtoku.



Obr. 30. Filtry v řezací hlavě [2]

1	Filtr ve vedení zavzdušnění trasy paprsku na řezací hlavě	2	Filtr ve vedení řezacího plynu na řezací hlavě
---	---	---	--

Tab. 13. Popis filtrů v řezací hlavě [2]

4.6 Údržba optických částí zařízení

4.6.1 Obecné směrnice a pomůcky

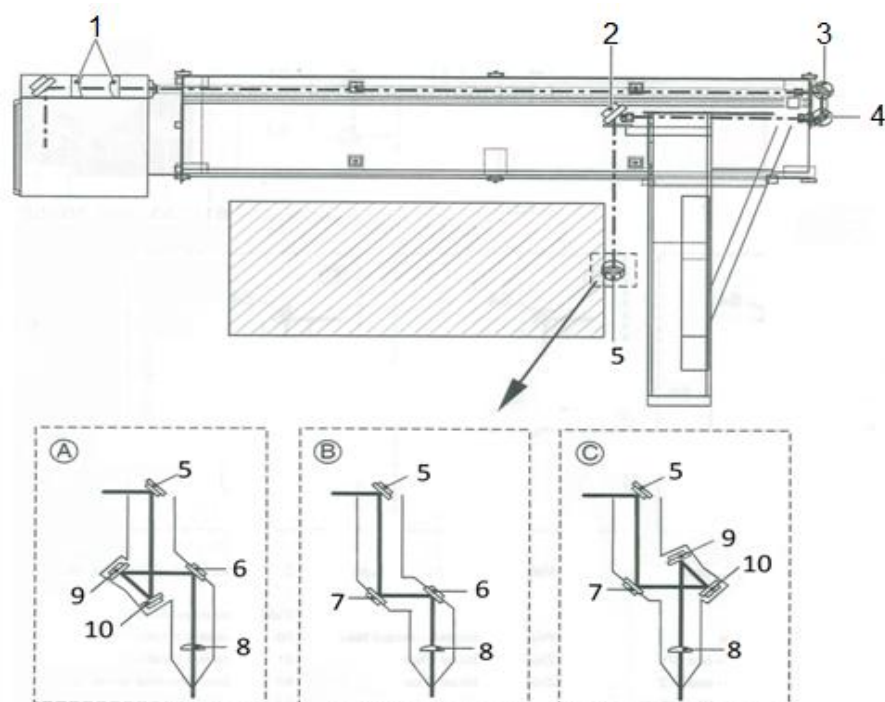
Při zacházení s optickými díly je třeba dbát na maximální čistotu a pracovat velmi opatrně. Čisté prostředí, čisté pracoviště a čisté pomůcky jsou bezpodmínečnou nutností.

- Ze stroje neodstraňovat více optických modulů najednou. Zrcátka instalovat a demontovat vždy jen jednotlivě a po sobě.
- Demontáž, montáž a čištění optických modulů neprovádět pokud možno přímo na stroji, ale v čistých prostorech.
- Otevřená místa údržby trasy paprsku na stroji zakryjte hliníkovou fólií.
- Laserová zrcátka a čočky čistěte jen s čistýma rukama, respektive s rukavicemi, které nespouštějí vlákna na měkké podložce, která nespouští vlákna. Na povrch zrcátek nikdy nesahat prsty.

Pomůcky:

- Čípkový klíč s vnitřním šestihranem SW 1.5, SW 4, SW 5
- Posuvné měřítko
- Šroubovák
- Přísavky TRUMPF
- Čistící sada TRUMPF
- Ofukovací měchýřek Hama
- Papír na čištění čoček
- Hliníková fólie
- Rukavice a podložní hadřík nepouštějící vlákna
- Bavlněná vata TRUMPF, nesmí obsahovat viskózu, protože ta způsobuje poškrábání mědi
- Politura na kov Sidol, výrobce Thomson
- Aceton

4.6.2 Údržba optických částí zařízení



Obr. 31. Místa optických částí [2]

A	S převodovým ústrojím AutoLas Plus	B	Bez AutoLas Plus	C	Řezací hlava AutoLas Plus zrcátkem
---	------------------------------------	---	------------------	---	------------------------------------

1	Teleskop v laserovém agregátu	4	Posunovač fází	7	Převáděcí zrcátko (převodové ústrojí B/C)
2	Převáděcí zrcátko osa X/Y	5	Převáděcí zrcátko osa Y/Z	8	Čočka (jen v řezací hlavě)
3	Převáděcí zrcátko osa X/Y	6	Převáděcí zrcátko (řezací hlava)	9 10	Zrcátka AutoLas Plus

Tab. 14. Popis optických částí [2]

Čočková optika řezací hlavy

Interval – provozní hodiny: v případě potřeby

Kontrola, vyčištění, výměna

Čočku je nutno jož v případě nepatrného znečištění vyčistit. Je-li čočka poškozená, musí se vyměnit. Čočku je třeba kontrolovat co možno nejčastěji, na začátku každé směny.

- Vypnout hlavní spínač, zamknout jej a vytáhnout klíč.
- Odstranit připojovací kabel na tělese senzoru.
- Eventuálně řezací hlavu sejmut.

Demontáž uchycení čočky

- Vyšroubovat čtyři šrouby s válcovou hlavou
- Odtáhnout řezací nástavec dolů
- Zcela vyšroubovat šroub pro seřizování fokusu
- Opatrně vytáhnout uchycení čočky
- Čočku vyčistit, v případě potřeby vyměnit

Montáž uchycení čočky

- Uchycení čočky polohově správně namontovat
- Šroub pro seřizování fokusu musí být natolik zašroubovaný, aby na něm nebyly vidět žádné závity.
- Válcovým kolíkem seřídít řezací nástavec
- Rukou pevně utáhnout čtyři šrouby s válcovou hlavou

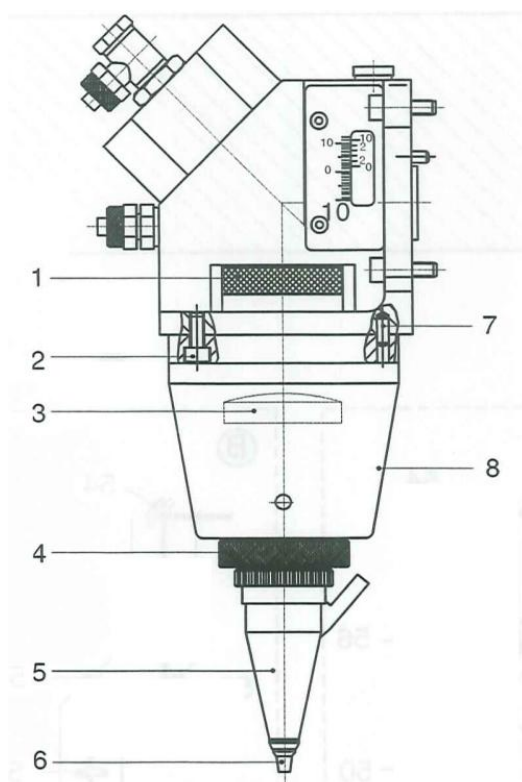
Demontáž čočky

Čočky se lze dotýkat prsty pouze na obvodu. Na čočku se nesmí dostat olej, mastnoty a prach. Mastnota a kožní pot se mohou na čočku vypálit a poničit ji.

- Demontovat čočku tak, jak je napsáno výše.
- Klíčem s čelními otvory vyšroubovat závitové pouzdro.
- Vyjmout pružinu.
- Vyjmout čočku a vyčistit ji.

Montáž čočky

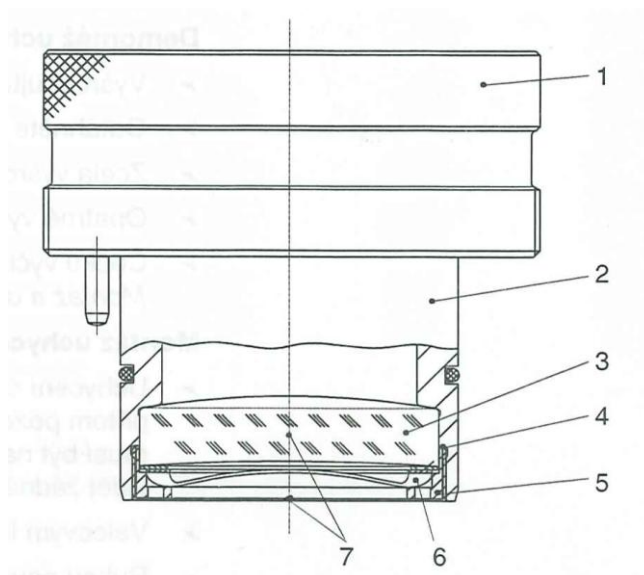
- Čočku správně vložit do uchycení čočky.
- Namontovat pružinu a závitové pouzdro. Utáhnout závitové pouzdro na doraz až k zarážce.
- Pružina nesmí být upnutá na blokovou míru.
- Uchycením čočky zatřást v osovém směru, nesmí přitom docházet k žádným klapavým zvukům.



Obr. 32. Montáž a demontáž uchycení čočky [2]

1	Šroub pro seřizování fokusu	4	Rýhovaná matice	7	Válcový kolík
2	Šroub s válcovou hlavou M5	5	Těleso senzoru	8	Řezací nástavec
3	Vysokotlaká čočka	6	Tryska		

Tab. 15. Popis uchycení čočky [2]



Obr. 33. Montáž a demontáž čočky [2]

1	Šroub pro seřizování fokusu	4	Zarážka	7	označení
2	Uchytení čočky	5	Závitové pouzdro		
3	Vysokotlaká čočka	6	Pružina		

Tab. 16. Popis čočky [2]

Čištění čočky

V případě malého jen malého znečištění postačuje navlhčit čočku rozpouštědlem (aceton) a opatrně ji osušit ubrouskem nepouštějícím vlákna. V případě silného znečištění lze čočku vyčistit také přípravkem Topol 2 a bavlněnou vatou. Zbytky musí být důkladně odstraněny acetonem.

Po montáži a demontáži

- Zkontrolovat vystředění paprsku k trysce. V případě potřeby provést nové vystředění paprsku.

4.7 Údržba a preventivní prohlídky stroje

Kontrolovat denně na začátku směny: obsluha		1
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Řezací hlava (čočka, kabeláž, hadice) – vizuální kontrola ➤ Odsávací a filtrovací zařízení – kontrola poslechem ➤ Systém plynového hospodářství laseru – kontrola vizuální a poslechem ➤ Vizuální kontrola stavu snímacího laserového paprsku 		
Čistit denně: obsluha		1
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Pracovní prostor během a po ukončení obrábění ➤ Stroj od prachu a nečistot ➤ Okolí stroje od prachu a nečistot 		
Jednou za týden: mechanik stroje	1	Mazivo / kapaliny
Rezonátor <ul style="list-style-type: none"> ➤ Kontrola stavu vody v chladicím agregátu ➤ Vyčištění vzduchového filtru sání chladicího agregátu laseru 		Demineralizovaná voda
Centrální automatické mazání – doplňovat obsah zásobníku <ul style="list-style-type: none"> ➤ Kontrola mazání lineárních pojezdů a vodících ploch 		Kluber Microlobe GB00
Rotační prvky posuvů včetně ozubených převodů <ul style="list-style-type: none"> ➤ Kontrola mazání – samomazné 		Klubersynth GE 46 - 1200
Jednou za měsíc: mechanik stroje / obsluha		1
Elektromagnetické ventily vakuového systému <ul style="list-style-type: none"> ➤ Kontrola těsnosti a případné očištění vnitřní strany válce 		
Za 6 měsíců: mechanik stroje	2	Provedl datum / podpis

Odsávací a filtrovací zařízení		
<ul style="list-style-type: none">➤ Celková kontrola zařízení včetně přívodu stlačeného vzduchu➤ Vyčištění filtrovacích patron vyfoukáním stlačeným vzduchem, případě omytí dle návodu na údržbu filtru		
Systém plynového hospodářství laseru		
<ul style="list-style-type: none">➤ Kontrola těsnosti plynových rozvodů➤ Očištění redukčních ventilů plynových rozvodů		
Kontrola stavu světlo vodu a zrcadel výstupní části		
Za rok: provádí firma TRUMPF, Praha s. r. o	2	
<ul style="list-style-type: none">➤ Preventivní prohlídka a seřízení stroje		
Za 5000 provozních hodin: mechanik stroje	2	
<ul style="list-style-type: none">➤ Výměna oleje v převodové skříně		
		ESSO Spartan EP 150

Tab. 17. Údržba a preventivní prohlídky stroje [2]

1 – provedení denní, týdenní a měsíční údržby je obsluhou zaznamenáváno do „KARTY STROJE“

2 – provedení další údržby dle určených period je zaznamenáváno do dokumentu „ÚDRŽBA A PREVENTIVNÍ PROHLÍDKY STROJE“

Provedení preventivní prohlídky a všechny opravy stroje je zaznamenáváno do „DENÍKU STROJE“

4.8 Opakující se poruchy (vyskytující závady)

- A) Ztráta startovacích souborů stroje způsobená proudovým výkyvem. Stroj večer normálně pracuje a ráno ho nelze nastartovat. Řídicí systém se nerozběhne.

Četnost: nepravidelně jedenkrát do roka

Řeší se: 1) Identifikací chybějícího souboru + jeho instalace dálkově přes telediagnózu (stroj připojen telefonní linkou).
2) Identifikací chybějícího souboru + jeho instalace servisním technikem TRUMPF (pokud jde o složitější problém).

- B) Ztráta strojních dat způsobená chybou záložní baterie zálohující systém stroje a strojních dat.

Klesne-li kapacita záložní baterie pod mezní hodnotu, data se při vypnutí vnějšího napájení stroje ztratí.

Četnost: nepravidelně jednou do dvou let

Důvody:

- 1) Baterie nebyla zcela v pořádku a nevydržela stanovený tříletý cyklus
- 2) Závažnější problém je, že baterie nebyla správně dobíjena, nebo je nadměrně vybíjena.

Pokud nastane tento případ (po krátkém čase selhání baterie), tak musí dojít k výměně celé příslušné řídicí jednotky.

- 3) Nebyla včas provedena výměna baterie za novou (předepsaná životnost baterie je tři roky).

Řeší se: Častější výměna baterie

C) Porucha elektromagnetických ventilů vakuového systému a dávkování laserových plynů.

Řada těchto ventilů udržuje vakuum, nebo požadovaný tlak v okruhu laserových plynů.

Pokud dojde k netěsnosti těsnicího kroužku ventilu (těžší chod pístu ventilu), přidření ventilu, pak stroj vyhlásí všechny potenciální a související možné chyby a hlášení jako např.:

PLC (80.100 104)

Laser není ve stavu připravenosti k provozu.

TLF 1 (13.100 405)

Cirkulace plynu – součtová chyba na měniči frekvence1

TLF 1 (13.101 902)

Součtový poplach v centrálním modulu cirkulace plynu.

Četnost: nepravidelně jednou do roka

Řešení: Předejití a opravu provádí mechanik stroje a obsluha.

- 1) Pravidelná kontrola a případná výměna těsnění
- 2) Očištění vnitřní části válce od případných nečistot.
- 3) Výměna ventilů.

5 Protokol měření hladin hluku TLC 1005

Tato kapitola byla zpracována dle literatury [2].

5.1 Výkaz měření

Měření hluku podle DIN 45635

Místo, datum měření	Ditzitgen, 21. 01. 98
Prostor měření	Montážní hala
Třída přesnosti	2

Stroj

Typ	TLC 1005
Laser	TLF 3000t
Chladicí agregát	MLFB-KKW 2KAO 831

Měřicí přístroj

Přístroj na měření hladin hluku	Brüel + Kjaer, typ 2231
Modul	Integrační modul BZ 7110
Mikrofon	Mikrofon s volným polem 4155

Body měření

Uspořádání bodů měření	DIN 45635, část 1, 5 - stranné měřicí plochy
Rozměry referenčního kvádru	Délka l1 = 6,6 m Šířka l2 = 6,1 m Výška l3 = 2,6 m
Vzdálenost měření	d = 1 m

Rozměry plochy měření	a = 8,6 m
	b = 8,1 m
	c = 3,6 m
Počet bodů měření	29
Poloha bodů měření	Obr.
Doba průměrování	60 s
Plocha měření	$S = 190,8 \text{ m}^2$
Rozměr plochy měření	$L_S = 22,8 \text{ dB}$

Korekční hodnoty

Korekce externích hluků	$K_1: 0 \text{ dB}$
Korekce okolí	$K_{2A}: 1,7 \text{ dB}$

5.2 Výsledek měření

Externí hlik

Hladina externího hluku	$L''_{pAeq} = 51,1 \text{ dB}$
-------------------------	--------------------------------

Střední hodnota v bodech měření

MP	L'_{pAeq}	MP	L'_{pAeq}	MP	L'_{pAeq}
1	75,2	11	75	21	71,2
2	78,2	12	72,6	22	73,6
3	75,7	13	73,2	23	72,3
4	71,4	14	74,2	24	77,2
5	70,4	15	75	25	77,1
6	75,3	16	80,6	26	76,7
7	77	17	76,8	27	72,9
8	73,5	18	76,2	28	75,9
9	79,8	19	74,9	29	74,6
10	72,4	20	74,1		

Tabulka 18. Střední hodnoty

Hluk na měřených plochách

Hladina hluku na měřených plochách

$$L_{pA} = 76 \text{ dB}$$

Hlukový výkon

Hladina hlukového výkonu

$$L_{WA} = 98,8 \text{ dB}$$

Hodnoty vtahující se k pracovišti

Hodnoty emisí L_{pAeq}

72,8 dB

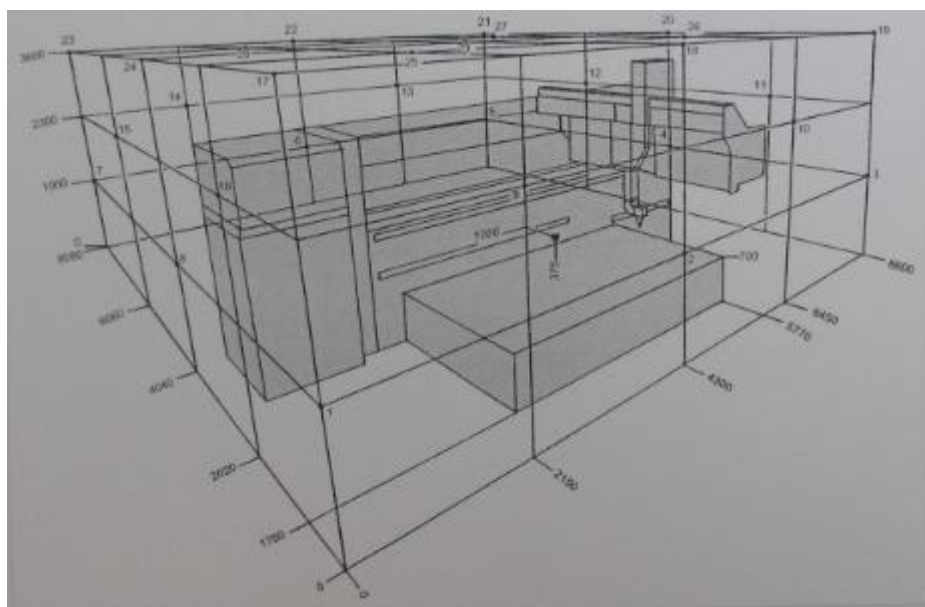
Hluk při volnoběhu L_{pAeq} (chladicí agregát běží)

68 dB

Hluk při volnoběhu L_{pAeq} (chladicí agregát stojí)

63,3 dB

5.3 Poloha bodů měření



Obr. 34. Poloha bodů měření

6 Závěr

Úvodem mé bakalářské práce vás chci seznámit s firmou Kovovýroba Hoffmann, s.r.o. která už několik let působí na špičkové úrovni prototypové a malosériové výroby lisovacích a tvářecích nástrojů a karosářských dílů pro automobilky.

V druhé kapitole mé bakalářské práce se zaměřuji na technologii řezání lasem, která je v dnešní době jednou z nejrychlejších a nejmodernějších metod oddělování nejrůznějších materiálů. V této části se vám snažím přiblížit výhody řezání lasem, princip jednotlivých metod a popsat ovlivňující faktory pro oddělování materiálů.

Ve třetí kapitole, která se jmenuje Popis laserového řezacího stroje TLC 1005, popisuji a rozdělují všechny části laserového řezacího stroje TLC 1005, který jsem si vybral z důvodů jeho vlastností a z důvodu, že firma Kovovýroba Hoffmann, s.r.o. má ve vlastnictví dva tyto stroje.

Ve čtvrté kapitole Údržba laserového řezacího stroje TLC 1005 jsem sestavil plán mazání, uvedl seznam používaných mazacích prostředků a popsal kontrolu a případnou výměnu jednotlivých částí stroje. Z této kapitoly jsem pak uvedl dokument s názvem Údržba a preventivní kontroly stroje, který je nedílnou součástí stroje. Poslední části této kapitoly jsem se věnoval nejčastějším poruchám a závadám, které byly uvedeny v deníku stroje a nebyly zapříčiněny chybou obsluhy. K těmto poruchám jsem uvedl možné východiska a důvody zapříčinění poruch.

6.1 Poděkování

Děkuji vedoucímu bakalářské práce doc. Ing. Helebrant František, CSc. za účinnou metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování mé bakalářské práce. Dále chci poděkovat firmě Kovovýroba Hoffmann, s.r.o. za nezapomenutelnou zkušenost a možnost spolupráce. V neposlední řadě chci poděkovat ing. Ivan Libor za jeho čas, ochotu a cenné rady.

7 Seznam použité literatury

- [1] <http://www.kovovyroba-hoffmann.cz/>
- [2] Interní materiály z firmy Kovovýroba Hoffmann, s.r.o.
- [3] http://www.se.trumpf.com/25.img-cust/TLC-1005_E.pdf
- [4] http://www.koncarel.hr/Files/TC%20L%203020_E-353637-30-08-05.pdf
- [5] <http://www.us.trumpf.com/31.lt-tlc1005.html>

7.1 Seznam příloh

Příloha č. 1. VIDEO RADIÁLNÍ TURBODMYCHADLO K CÍRKULACI
LASEROVÉHO PLYNU

Příloha č. 2. VIDEO RADIÁLNÍ TURBODMYCHADLO K CÍRKULACI
LASEROVÉHO PLYNU

Příloha č. 3. VIDEO LASER TLF

Příloha č. 4. VIDEO MOŽNOSTI STROJE TRUMPF TLC 1005